



ERIKA CRISTINA RODRIGUES

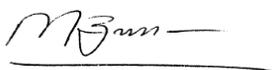
**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA GORDURA
INTRAMUSCULAR E SUBCUTÂNEA DE BOVINOS
NELORE E F1 (*NELORE* x *SIMENTAL*) EM
DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO**

**LAVRAS-MG
2013**

ERIKA CRISTINA RODRIGUES

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA GORDURA INTRAMUSCULAR E
SUBCUTÂNEA DE BOVINOS *NELORE* E F1 (*NELORE* x *SIMENTAL*)
EM DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção
do título de Doutor.



Orientadora

Dra. Maria Cristina Bressan

Coorientadores

Dr. Eduardo Mendes Ramos

Dr. Luís Lavadinho Telo da Gama

**LAVRAS – MG
2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Rodrigues, Erika Cristina.

Perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular e subcutânea de bovinos Nelore e F1 (Nelore x Simental) em diferentes sistemas de terminação / Erika Cristina Rodrigues. – Lavras : UFLA, 2013.

151 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Maria Cristina Bressan.

Bibliografia.

1. Carne. 2. Gado de corte. 3. Perfil lipídico. 4. Grupo genético.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.9297

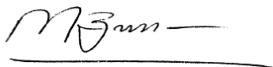
ERIKA CRISTINA RODRIGUES

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA GORDURA INTRAMUSCULAR E
SUBCUTÂNEA DE BOVINOS *NELORE* E F1 (*NELORE* x *SIMENTAL*)
EM DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção
do título de Doutor.

APROVADA em 05 de novembro de 2012.

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos	UFLA
Dr. Eduardo Mendes Ramos	UFLA
Dr. Luiz Ronaldo de Abreu	UFLA
Dr. Paulo Rogério Fontes	UFLA
Dr. Robson Helen da Silva	IF Sudeste de MG / Câmpus Barbacena



Dra. Maria Cristina Bressan
Orientadora

**LAVRAS – MG
2012**

A Deus, por ser o meu guia.

*A minha família, Walter, Maria (Lia), Elter, Elaine , Ana Laura e Mariana (in
memorian) por tanto amor, apoio e incentivo.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, irmãos, sobrinhas e a todos demais familiares que contribuíram para este momento.

A minha orientadora Profa. Dr. Maria Cristina Bressan sou grata por tudo, por ter me guiado até aqui e por ter me ensinado como seguir adiante. A sua dedicação, carinho, perseverança, criatividade e principalmente sabedoria que foram fundamentais para esta conquista.

Aos meus coorientadores Dr. Eduardo Mendes Ramos e Dr. Luíz Lavadinho Telo da Gama pela paciência, amizade e bom senso que foram essenciais para que esta tese existisse.

Aos professores do DCA da UFLA agradeço pela confiança.

Aos professores e pesquisadores Alcinéia de Lemos Souza Ramos, Luíz Ronaldo de Abreu, Robson Helen da Silva, Paulo Rogério Fontes e Suely de Fátima Costa, por estarem sempre dispostos a ajudar, pelo apoio e pela amizade.

À Lili, grande amiga e companheirona, obrigada pela dedicação, por poder contar sempre com você pra tudo, pela confiança e sincera amizade.

A minha prima Rozane pelo carinho, amizade e pelas palavras de incentivo nos momentos de cansaço.

Aos meus queridos amigos de pós-graduação do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras .

Ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (DCA/UFLA), pela valorização do aluno e pela excelente qualidade.

Ao coordenador da Pós-Graduação, Prof. Dr. Eduardo Valério Vilas Boas, pela ajuda em todos os momentos necessários.

As minhas amigas Jacy, Josye, Liz, e Maria Mendes, pela força e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos e estimados do “Grupo da CARNE” que muito me ajudaram nas avaliações laboratoriais: Lili, Ana Eugênia, Monalisa, Giselle, Carla, Cecília, Élide, Ítalo, Robledo, Andressa, Abel e aos demais amigos que fazem parte de outros grupos de pesquisa Priscila, Michele, Nilson, Tiago, Raquel, Leandra e Maíara, pela ajuda, amizade, convívio e aprendizado, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

Aos laboratoristas e funcionários da UFLA, por toda a atenção e dedicação em cada trabalho executado.

Aos meus amigos e amigas de Portugal pelo companheirismo, acolhida e incentivo, Helena Jorge Duarte, Rosário, Ana Teresa, Susana, Paula Portugal, Jacinta, Suzana, Ilda, Jaime, Tia Ana, Nulita, Sr. Batista, Ana, Ana Filipa, Jaime, Laura (vózinha), Carlos (vôzinho), Eugênia (Encomenda), Olga, Conceição, Fátima, Elisa, Izabelina o meu eterno agradecimento.

Ao Instituto Nacional dos Recursos Biológicos (INRB, I.P), do Ministério da Agricultura e das Pescas, alocado na Unidade de Recursos Genéticos, Reprodução, e Melhoramento Animal, os meus agradecimentos pela realização das análises cromatográficas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por tornarem possível a realização deste trabalho.

Ao frigorífico Friboi, e aos seus funcionários, pela valiosa colaboração, compreensão e carinho com que fomos recebidas.

À Agropecuária Vale do Sonho Ltda. (Fazenda Ferradura, Pontal do Araguaia, pelo fornecimento dos animais.

E a todos que de alguma forma contribuíram para execução deste trabalho e não foram citados nominalmente, mas que não foram esquecidos, meu muito obrigada.

RESUMO

No presente trabalho foram avaliados o perfil de ácidos graxos e colesterol do músculo (*longissimus thoracis*) e da gordura subcutânea de bovinos dos grupos genéticos *Nelore* (n=67) e *Nelore* x *Simental* (n=67), terminados em sistema intensivo (n=94) e extensivo (n=40), abatidos com peso médio de carcaça de 264 a 305kg e idade de 24 a 28 meses, respectivamente. No contexto das 51 variáveis estudadas na gordura intramuscular, 40 (78,4%) foram afetadas (P<0,05) pelo sistema de terminação, 20 (39,2%) foram afetadas (P<0,05) pelo efeito do grupo genético, 11 (21,6%) mostraram interação (P<0,05) entre os fatores. Quantidades superiores dos ácidos graxos C14:0, C16:0, C18:0, \sum AGS, \sum AGS ind.-C18:0, C18:1 cis-11, C18:1 cis-12, C18:1 cis-13, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11, C18:1 *trans*-16 cis-14, \sum AGM *trans*, C18:2n-6, e n-6/n-3 foram oriundas do sistema intensivo, e C16:1cis-7, C16:1 cis-9, C17:1 cis-9, C18:1 cis-9, C18:2 *cis*-9 *trans*-11, \sum AGM *cis*-9, C18:3n-3, C20:5n-3, C22:5n-3, \sum AGP, \sum AGP n-3, P/S e Δ^9 dessaturases foram oriundas do sistema extensivo (P<0,05). Os animais *Nelore* apresentaram valores superiores aos ácidos graxos C14:0, C14:1 cis-9, C16:1 cis-9, C18:1 *trans* -16 cis-1, C18:2 *cis*-9 *trans*-1, elongase, Δ^9 dessaturase geral, Δ^9 dessaturase (C14), Δ^9 dessaturase (C16) e índice aterogênico (P<0,05), possivelmente decorrente de maior atividade da elongase, associada com menor atividade da Δ^9 dessaturase no sistema intensivo. Os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram altas concentrações de C16:0, 18:2n-6, C20:4n-6, \sum AGP e \sum AGP n-6 (P<0,05). Observou-se na gordura subcutânea, entre as 52 variáveis respostas estudadas, 41 (78,8%) foram afetadas (P<0,05) pelo sistema de terminação, 20 (38,5%) foram afetadas (P<0,05) pelo efeito do grupo genético e 5 (9,7%) mostraram interação (P<0,05) entre os fatores. Os animais do sistema intensivo mostraram altas quantidades de colesterol, C17:0, C18:0, c18:1 cis-11, C18:1 cis-12, C18:1 cis-15, C18: *trans*- 6, 7, 8, C18:1 *trans*-19, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-12, C18:1 *trans*-16 cis-14, \sum AGM C18:2 n-6, \sum AGP, \sum AGP n-6, n-6/n-3, P/S, e elongase. As altas quantidades de colesterol e \sum AGM *trans* possivelmente estão associadas à dieta. Nesse contexto, os dados sugerem que a gordura intramuscular apresentaram perfil de ácidos graxos nutricionalmente melhor que a gordura subcutânea e que a gordura intramuscular, oriunda de animais do sistema extensivo apresentaram perfil de ácidos graxos mais adequado para dieta humana do que os animais do sistema intensivo.

Palavras-chave: Bovinos. Carnes. Perfil de Ácidos Graxos.

ABSTRACT

In this study were evaluated the fatty acid profile and cholesterol content of muscle (*longissimus thoracis*) and subcutaneous fat of *Nelore* (n=67) and *Nelore* x *Simmental* (n=67), finished in intensive system (n=94) and extensive system (n=40), slaughtered at average carcass weight from 264 to 305kg and age from 24 to 28 months, respectively. In the context of the 51 variables studied in the intramuscular fat, 40 (78.4%) were affected (P<0.05) by finishing system, 20 (39.2%) were affected (P<0.05) by the genetic group and 11 (21.6%) showed an interaction (P<0.05) among factors. Higher amounts of fatty acids C14:0, C16:0, C18:0, Σ AGS, Σ AGS ind.-C18:0, C18:1 cis-11, C18:1 cis-12, C18:1 cis-13, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11, C18:1 *trans*-16 cis-14, Σ AGM *trans*, C18:2n-6, and n-6/n-3 were derived from the intensive system, and C16:1cis-7, C16:1 cis-9, C17:1 cis-9, C18:1 cis-9, C18:2 *cis*-9 *trans*-11, Σ AGM *cis*-9, C18:3n-3, C20:5n-3, C22:5n-3, Σ AGP, Σ AGP n-3, P/S and Δ^9 desaturases have been derived from extensive system (P<0.05). The *Nelore* showed higher fatty acids values C14:0, C14:1 cis-9, C16:1 cis-9, C18:1 *trans*-16 cis-1, C18:2 *cis*-9 *trans*-1, elongase, Δ^9 overall desaturase, Δ^9 desaturase (C14), Δ^9 desaturase (C16) and atherogenic index (P<0.05), possibly due to greater activity of elongase associated with lower activity of Δ^9 desaturase in intensive system. The animals *Nelore* x *Simmental* showed high concentrations of C16:0, 18:2n-6, C20:4n-6, Σ AGP and Σ AGP n-6 (P<0.05). It was observed in the subcutaneous fat, among 52 response variables studied that, 41 (78.8%) were affected (P<0.05) by finishing system, 20 (38.5%) were affected (P<0.05) by the genetic group and 5 (9.7%) showed an interaction (P <0.05) among factors. The animals of intensive system showed high amounts of cholesterol, C17:0, C18:0, c18:1 cis-11, C18:1 cis-12, C18:1 cis-15, C18: *trans*- 6, 7, 8, C18:1 *trans*-19, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-12, C18:1 *trans*-16 cis-14, Σ AGM C18:2 n-6, Σ AGP, Σ AGP n-6, n-6/n-3, P/S, and elongase. The high amounts of cholesterol and Σ AGM *trans* probably are associated to the diet. In this context, the data suggest that intramuscular fat showed fatty acid profile nutritionally better than subcutaneous fat and intramuscular fat, derived from animals of extensive system showed fatty acid profile more suited to the human diet that the animals in intensive system.

Keywords: Cattle. Meats. Fatty Acids Profile.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 Biohidrogenação ruminal e tecidual de ácidos graxos.....31
- Figura 2 Rotas da biohidrogenação dos ácidos linolênico (C18:3n-3) e linoleico (C18:2n-6) no rúmen.....32
- Figura 3 Árvore filogenética com base na análise da sequência 16S rRNA das bactérias ruminais relacionada com *Butyrivibrio*, metabolismo do ácido linoleico, e sua sensibilidade à inibição do crescimento por ácido linoleico.....33

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Lipídeos totais (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,5577
- Figura 2 Ácido graxo C17:0 (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,7378
- Figura 3 Ácido graxo C18:0 (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,3378

Figura 4	Somatório AGS (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,6379	79
Figura 5	Ácido graxo C18:1 <i>cis</i> -12 (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,86.....81	81
Figura 6	Ácido graxo C18:1 <i>trans</i> -16 <i>cis</i> -14 (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,70.....82	82
Figura 7	Somatório de AGP (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,5283	83
Figura 8	Somatório de AGP <i>n</i> -6 (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,2683	83
Figura 9	Estimativa da Δ^9 dessaturase (C18) (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,38.....86	86
Figura 10	Elongase (expresso com média e erro padrão) no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, <i>P</i> sistema intensivo <0.01 e <i>P</i> sistema extensivo = 0,6487	87

CAPÍTULO 3

- Figura 1 Ácido graxo C18:1 *trans*-9 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,98 136
- Figura 2 Ácido graxo C18:1 *trans*-11 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,85 137
- Figura 3 Ácido graxo C18:1 *trans*-12 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,49 137
- Figura 4 Ácido graxo C18:2*n*-6 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,88..... 139
- Figura 5 Somatório $\sum CLA$ + C18:1 *trans*-11 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, *P*sistema intensivo <0.01 e *P*sistema extensivo = 0,63 140

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Composição da dieta experimental I	47
Tabela 2	Composição da dieta experimental II	47
Tabela 3	Perfil de ácidos graxos da dieta dos animais terminados no sistema intensivo (médias da dieta I e II + silagem) e extensivo (resultados adaptados da literatura)	49
Tabela 4	Lípídeos totais e colesterol avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore x Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ¹)	54
Tabela 5	Ácidos graxos saturados ¹ avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore x Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ²)	55
Tabela 6	Ácidos graxos monoinsaturados ¹ avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore x Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ²).....	56
Tabela 7	Ácidos graxos poli-insaturados ¹ avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore x Simental</i> , com valores expressos com média(EPM ²).....	60
Tabela 8	Índices nutricionais avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore x Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ¹)	63
Tabela 9	Estimativas da ação enzimática avaliadas no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore x Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ¹).....	64

Tabela 10	Lípídeos totais e colesterol avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ¹).....	65
Tabela 11	Ácidos graxos saturados ¹ avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ²).....	66
Tabela 12	Ácidos graxos monoinsaturados ¹ avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ²).....	68
Tabela 13	Ácidos graxos poli-insaturados ¹ avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ²).....	70
Tabela 14	Índices nutricionais avaliados no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ¹).....	74
Tabela 15	Estimativas da ação enzimática avaliadas no músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ¹).....	75

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Composição da dieta experimental I	105
Tabela 2	Composição da dieta experimental II	105
Tabela 3	Perfil de ácidos graxos da dieta dos animais terminados no sistema intensivo (médias da dieta I e II + silagem) e extensivo (resultados adaptados da literatura)	107
Tabela 4	Colesterol avaliado na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore</i> x <i>Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ¹).....	113
Tabela 5	Ácidos graxos saturados ¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore</i> x <i>Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ²).....	114
Tabela 6	Ácidos graxos monoinsaturados ¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore</i> x <i>Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ²).....	115
Tabela 7	Ácidos graxos poli-insaturados ¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore</i> x <i>Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ²).....	119
Tabela 8	Índices nutricionais avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore</i> x <i>Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ¹).....	120
Tabela 9	Estimativas da ação enzimática avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos <i>Nelore</i> e <i>Nelore</i> x <i>Simental</i> , com valores expressos com média (EPM ¹).....	122

Tabela 10	Colesterol avaliado na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ¹).....	123
Tabela 11	Ácidos graxos saturados ¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ²).....	125
Tabela 12	Ácidos graxos monoinsaturados ¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ²)	126
Tabela 13	Ácidos graxos poli-insaturados ¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ²)	129
Tabela 14	Índices nutricionais avaliados na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ¹).....	131
Tabela 15	Estimativas da ação enzimática avaliadas na gordura subcutânea do músculo <i>longissimus thoracis</i> de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM ¹)	134

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>AGM</i>	ácidos graxos monoinsaturados
<i>AGP</i>	ácidos graxos poli-insaturados
<i>AGS</i>	ácidos graxos saturados
<i>CLA</i>	ácido linoleico conjugado
<i>DHA</i>	ácido docosaheptaenoico
<i>EPA</i>	ácido eicosapentaenoico
<i>HDL</i>	lipoproteína de alta densidade
<i>LDL</i>	lipoproteína de baixa densidade
<i>n-3</i>	ácido graxo ômega 3
<i>n-6</i>	ácido graxo ômega 6
<i>P/S</i>	ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados
<i>PR</i>	probabilidade para o efeito do grupo genético
<i>PS</i>	probabilidade para o efeito sistema de terminação
<i>PSE</i>	probabilidade do sistema de terminação extensivo
<i>PSI</i>	probabilidade do sistema de terminação intensivo
<i>VLDL</i>	lipoproteínas de muito baixa densidade

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	Introdução geral	20
1	INTRODUÇÃO		21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA		25
2.1	Bovinocultura de corte no Brasil		25
2.2	Efeito do sistema de terminação sobre o perfil lipídico da carne		26
2.3	Efeito genético sobre o perfil de ácidos graxos		29
2.4	Biohidrogenação		30
	REFERÊNCIAS		34
	CAPÍTULO 2	Perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular de bovinos <i>Nelore</i> e F1 (<i>Nelore</i> X <i>Simental</i>) em diferentes sistemas de terminação	41
1	INTRODUÇÃO		44
2	MATERIAL E MÉTODOS		46
2.1	Animais e sistemas de terminação		46
2.2	Operações de abate		49
2.3	Coleta das amostras		49
2.4	Análises laboratoriais		50
2.4.1	Determinação de lipídeos totais, colesterol e perfil de ácidos graxos		50
2.5	Delineamento e análise estatística		52
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO		54
3.1	Efeito dos grupos genéticos		54
3.1.1	Lipídeos totais e colesterol		54
3.1.2	Ácidos graxos saturados		55
3.1.3	Ácidos graxos monoinsaturados		56
3.1.4	Ácidos graxos poli-insaturados		60

3.1.5	Índices nutricionais.....	62
3.1.6	Estimativas enzimáticas.....	63
3.2	Efeito do sistema de terminação.....	65
3.2.1	Lipídeos totais e colesterol.....	65
3.2.2	Ácidos graxos saturados.....	66
3.2.3	Ácidos graxos monoinsaturados.....	68
3.2.4	Ácidos graxos poli-insaturados.....	70
3.2.5	Índices nutricionais.....	73
3.2.6	Estimativas enzimáticas.....	75
3.3	Interações entre grupo genético e sistemas de terminação.....	77
3.3.1	Lipídeos totais, C17:0, C18:0 e Σ AGS.....	77
3.3.2	C18:1 <i>cis</i> -12 e C18:1 <i>trans</i> -16, <i>cis</i> -14.....	81
3.3.3	Σ AGP e Σ AGP <i>n</i> -6.....	82
3.3.4	Δ^9 Dessaturase (C18).....	85
3.3.5	Elongase.....	86
4	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS.....	89
	CAPÍTULO 3 Perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de bovinos <i>Nelore</i> e F1 (<i>Nelore</i> X <i>Simental</i>) em diferentes sistemas de terminação.....	100
1	INTRODUÇÃO.....	103
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	104
2.1	Animais e sistemas de terminação.....	104
2.2	Operações de abate.....	107
2.3	Coleta das amostras.....	107
2.4	Análises laboratoriais.....	108
2.4.1	Determinação de colesterol e perfil de ácidos graxos.....	108
2.5	Delineamento e análise estatística.....	110

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	112
3.1	Efeito dos grupos genéticos	112
3.1.1	Colesterol	113
3.1.2	Ácidos graxos saturados	114
3.1.3	Ácidos graxos monoinsaturados	115
3.1.4	Ácidos graxos poli-insaturados	118
3.1.5	Índices nutricionais	120
3.1.6	Estimativas enzimáticas	121
3.2	Efeito do sistema de terminação	123
3.2.1	Colesterol	123
3.2.2	Ácidos graxos saturados	124
3.2.3	Ácidos graxos monoinsaturados	126
3.2.4	Ácidos graxos poli-insaturados	128
3.2.5	Índices nutricionais	131
3.2.6	Estimativas enzimáticas	133
3.3	Interação entre grupos genéticos e sistemas de terminação	135
3.3.1	C18:1 <i>trans</i>-9, C18:1 <i>trans</i>-11 e 18:1 <i>trans</i>-12	136
3.3.2	C18:2n-6	138
3.3.3	ΣCLA +C18:1 <i>trans</i>-11	139
4	CONCLUSÃO	141
	REFERÊNCIAS	142

CAPÍTULO 1 Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém o segundo maior rebanho de bovinos do mundo, ficando atrás apenas da Índia (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009).

As raças bovinas brasileiras são originárias das raças da Península Ibérica, trazidas pelos portugueses durante o período da colonização e que, com o passar dos anos, adaptaram-se às condições locais, resultando em um conjunto de raças bovinas naturalizadas do Brasil.

Considerando as dimensões territoriais e as variações climáticas, diferentes raças bovinas dos grupos genéticos *Bos indicus* e *Bos taurus* estão distribuídas no território brasileiro. Nas regiões mais quentes (clima tropical e subtropical), as raças do grupo *Bos indicus* prevalecem, devido a sua maior adaptação (animais rústicos, resistentes a parasitas etc.), enquanto os *Bos taurus* são mais utilizados nas regiões de clima ameno e temperado (RODRIGUES, 2007).

A exploração das diferenças entre raças tem uma prática corrente, traduzida na utilização de cruzamentos, sendo fundamental que as raças mantenham a sua identidade própria (conservação) e que cada uma desempenhe, no cruzamento, o papel mais adequado (complementaridade), de forma a otimizar os resultados globais (GAMA, 2002). A pecuária de corte nacional caracteriza-se pela produção quase que exclusiva em sistemas de pastagem e divide a produção de carnes em dois períodos: período das águas (outubro a abril), quando a alta produção forrageira resulta em elevado desempenho animal; e período das secas (maio a novembro), quando a produção limitada de pastagens retarda o crescimento animal ou provoca perdas de peso. Alternativas são desenvolvidas para o período de baixa forrageira, como a suplementação em pastagens (NUSSIO; CAMPOS; MINZANO, 2001) e o uso estratégico de

confinamento (BURGI, 2001), minimizando assim, as perdas ocorridas nesse período.

Por esses motivos, a busca por recursos que possibilitem aos animais atingir o seu potencial de produção, além de produzir carnes mais saudáveis para o consumidor é uma constante na área de pesquisa animal.

O Brasil tem se destacado nas últimas décadas como grande produtor de algodão e de soja (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE), permitindo assim, a disponibilidade dessas na alimentação de bovinos de corte.

Apesar da tentativa em diminuir custos com alimentação, têm-se elaborado dietas com alimentos alternativos, como os resíduos agroindustriais (COSTA et al., 2011; NUNES et al., 2007). Entre esses, o caroço de algodão constitui uma excelente opção para uso em confinamentos, pois associa alto teor de proteína, fibra e energia (BERTRAND et al., 2005; COSTA et al., 2011).

Potenciais limitações na utilização do caroço de algodão estão relacionadas aos seus elevados teores de óleo na matéria seca. Outro limitante na utilização do caroço de algodão está relacionado à presença do gossipol, composto polifenólico de cor amarela (LINDSEY; HAWKINS; GUTHRIA, 1980). Considerado uma toxina natural da planta, o gossipol é produzido com o intuito de fornecer proteção contra danos provocados por insetos.

Tem sido relatado na literatura que o caroço de algodão possui ácidos graxos ciclopropenoides (ácido estercúlico e malvático) que inibem de forma irreversível a atividade da enzima Δ^9 desaturase (PAGE et al., 1997).

A composição lipídica da carne pode ser afetada por vários fatores, entre eles idade, raça e o tipo de dieta. Pesquisas têm demonstrado que o perfil de ácidos graxos pode ser manipulado pela composição da dieta oferecida aos animais e que o aumento da participação de forragem na alimentação animal traz vantagem na constituição da gordura dos animais, onde animais alimentados com forragens apresentaram maiores concentrações de ácidos graxos poli-

insaturados. Em ruminantes, parte dos ácidos graxos poli-insaturados são hidrogenados a saturados ou a intermediários pelos microrganismos ruminais, com grau médio de biohidrogenação ruminal de 70%, podendo variar de 60 a 90%.

Animais alimentados e terminados com pastagens apresentam, carnes mais magras e com maior percentual, na gordura intramuscular dos ácidos graxos esteárico, linolênico, araquidônico, eicosapentaenoico (EPA), docosapentaenoico (DHA), ácido linoleico conjugado e menor relação $n-6/n-3$ (REALINI et al., 2004; YANG et al., 2002).

Por outro lado vários trabalhos mostram que animais terminados em pastagem temperada apresentaram carne mais escura e com menor maciez em relação aos terminados em confinamento ou em pastagem tropical (DANNENBERGER et al., 2006; REALINI et al., 2004).

Animais alimentados com concentrado ingerem maior quantidade de energia, apresentando, portanto, maiores taxas de crescimento o que afeta indiretamente, de forma positiva, a textura, a maciez e a suculência, por meio de maior deposição de gordura intramuscular. Dessa forma, o sistema de terminação influencia a composição química e, conseqüentemente, a qualidade da carne (LADEIRA; OLIVEIRA, 2006; WOOD et al., 2003).

Os consumidores estão cada vez mais exigentes e preocupados com a saúde, sendo mais criteriosos na escolha dos alimentos em relação as informações nutricionais e ao perfil lipídico dos alimentos.

A ingestão de carne vermelha tem sido associada ao aumento do colesterol sérico e a ocorrência de doenças cardiovasculares, formação de ateromas, formação de trombos e cânceres em humanos, devido à carne vermelha apresentar reconhecidamente altas proporções de ácidos graxos saturados (MCAFEE et al., 2010). Entretanto, as carnes apresentam grandes

variações nas quantidades dos ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

Na dieta humana, o consumo de alimentos com quantidades adequadas de ácidos graxos poli-insaturados é considerado muito importante, pois os mesmos resultam em redução nos níveis séricos de colesterol; alguns são considerados essenciais e são precursores de várias substâncias e, entre elas algumas são vasoativas, influenciando a viscosidade sanguínea, a permeabilidade dos vasos e a pressão arterial.

Os conhecimentos atuais de caracterização do perfil lipídico das carnes em diferentes raças e sistema de terminação são, em sua maioria, oriundos de animais produzidos em outros países, cujas condições de solo, disponibilidade e qualidade de pastagens e condições climáticas diferem daquelas encontradas no Brasil. Alguns trabalhos restritos a poucas raças foram realizados no Brasil (BRESSAN et al., 2011; RODRIGUES et al., 2004; ROSSATO et al., 2009, 2010).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar as diferenças existentes entre os grupos genéticos *Nelore* e *Nelore x Simental*, criados no Brasil em sistemas de terminação intensivo e extensivo em relação ao teor de lipídios totais, composição de ácidos graxos e colesterol da gordura intramuscular e gordura subcutânea.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bovinocultura de corte no Brasil

A criação de bovinos no Brasil iniciou no século XVI, com animais do grupo *B. taurus*. Essa atividade prosperou e, atualmente, algumas raças Caracu, Crioulo Lageano, Curraleiro, Junqueira, Pantaneiro e Mocho Nacional são reconhecidas como naturalizadas (MARIANTE; MCMANUS; MENDONÇA, 2003). Posteriormente, outras raças europeias foram introduzidas, e no século XIX, teve início a importação de animais *B. indicus*. Esse grupo de animais mostrou grande expansão no Brasil, sobretudo nas regiões de clima tropical, e quatro raças de *B. indicus* são exploradas comercialmente (*Nelore*, *Guzerá*, *Sindhi* e *Gir*). Estima-se que 83% da carne de bovino, produzida no país, seja oriundas de animais zebu ou de seus cruzamentos (MARIANTE; MCMANUS; MENDONÇA, 2003).

As raças *B. taurus* mostram boa adaptação às condições edafoclimáticas na região Sul, com índices de produção similares aos obtidos nos seus países de origem, enquanto as raças *B. indicus* mostram resultados técnicos satisfatórios, mesmo em condições climáticas adversas, com animais puros (região Nordeste) ou animais cruzados com raças europeias (região Centro-Oeste) (VAZ et al., 2002).

As diferenças em termos quantitativos, normalmente descritas entre os animais *B. taurus* e *B. indicus* são: taxa de fertilidade, resistência a parasitas, conversão alimentar, espessura de gordura de cobertura. Por outro lado, a variabilidade genética para determinadas características quantitativas desejáveis pode ocorrer entre famílias de animais da mesma raça (OKA et al., 2002). Assim, em programas de seleção, os recursos genéticos explorados são

escolhidos de acordo com a adaptação desses animais ao ambiente e o interesse de mercado.

2.2 Efeito do sistema de terminação sobre o perfil lipídico da carne

Em geral, a qualidade e a quantidade de gordura da dieta humana estão associadas às condições de saúde (VALSTA; TAPANAINEN; MANNISTO, 2005) tendo sido as gorduras de ruminantes relacionadas com a incidência de doenças cardiovasculares, por apresentarem elevadas quantidades de ácidos graxos saturados e baixos teores de ácidos graxos poli-insaturados (AGP) (FRASER, 1999; KELEMEN et al., 2005; KONTOGIANNI et al., 2008) caracterizando baixa relação AGP/AGS (ácidos graxos poli-insaturados/ ácidos graxos saturados). Além disso, a gordura de ruminantes possui quantidades variáveis de ácidos graxos *trans*-octadecenoicos também associados com aumento no risco de doenças cardiovasculares (BESSA, 1999). Nos ruminantes, parte dos AGP oriundos da dieta são biohidrogenados a AGS pelos microrganismos do rúmen, resultando em elevadas concentrações de AGS na fração lipídica da carne, quando comparada a carnes de animais monogástricos.

Contudo, a carne é uma fonte importante de nutrientes, tais como: proteínas de alta qualidade; gordura para suprir as demandas de energia (ERIKSSON; PICKOVA, 2007); ácidos graxos essenciais (C18:2 n -6 e C18:3 n -3) (WILLIAMSON et al., 2005); ácido linoleico conjugado (CLA); outros compostos considerados bioativos, pelo efeito antioxidante, tais como: carnosina, anserina, glutatona, coenzima Q9 e Q10 (FLORA et al., 2009).

Na dieta, a ingestão de alimentos ricos em AGP n -3 reduz o risco de muitas doenças (MANN et al., 2006; SIDDIQUI; HARVEY; ZALOGA, 2008), enquanto o consumo de quantidades elevadas de AGS (C12:0, C14:0 e C16:0)

pode resultar em aumento no colesterol sérico (GIDDING et al., 2005), embora o C18:0 seja considerado hipolipidêmico (BONANOME; GRUNDY, 1988).

As recomendações para a manutenção da saúde, relacionadas com os aspectos dietéticos das gorduras ingeridas, são: ingestão de gorduras totais inferior a 15-30%, ingestão total de AGS inferior a 10%, ingestão total de AGP *n-6* inferior a 5-8%, ingestão total de AGP *n-3* entre 1 e 2%, ingestão de ácidos graxos *trans* inferior a 1%, relação poli-insaturados/saturados (P/S) entre 4-5 e relação AGP *n-6/n-3* inferior a 3 (WORLD HEALTH ORGANISATION - WHO, 2003). Em decorrência disso, atualmente a cadeia produtiva de carne oriunda de ruminantes busca alternativas para aumentar as proporções de AGP *n-3*, *CLA* e reduzir os AGS nas gorduras de deposição (WOOD et al., 2008), embora essas alterações no perfil lipídico possam determinar mudanças nas características sensoriais, na cor e na vida útil da carne (SCOLLAN et al., 2006).

As opções conhecidas para aumentar os AGP da fração lipídica da carne de ruminantes são: a) manipulação das dietas (com aumento na ingestão e deposição de C18:2*n-6* e C18:3*n-3*); b) alterações na biohidrogenação (com redução na conversão dos C18:2*n-6* e C18:3*n-3* em C18:0), de forma que a maior quantidade de AGP C18 escape do processo de biohidrogenação e resulte em alta quantidade de ácidos graxos *trans* (isômeros de *CLAs* ou precursores do *CLA*), e c) aumento da expressão da Δ^9 desaturase (que converte os ácidos graxos saturados em respectivos ácidos graxos monoinsaturados *cis* 9).

Os bovinos, mesmo com altas taxas de biohidrogenação ruminal, quando alimentados à base de gramíneas mostram aumento na deposição de AGP *n-3* (C18:3*n-3*, C20:5*n-3*, C22:5*n-3*, C22:6*n-3*), e redução na razão *n-6/n-3*, quando comparados a animais terminados com concentrados (BRESSAN et al., 2011; NUERNBERG et al., 2005; REALINI et al., 2004). Entretanto, nos vários trabalhos que comparam sistemas de terminação (pastagem x concentrado), não há consenso nos resultados de AGP *n-6*, total de AGS e AGM (NUERNBERG

et al., 2005; REALINI et al., 2004). Scollan et al. (2006) avaliaram fontes de volumosos (silagem de gramínea, gramíneas e trevo, trevo suplementado com vitamina E) e demonstram que as deposições de C18:2 n -6 e C18:3 n -3 são variáveis. Possivelmente, as contradições encontradas entre trabalhos podem resultar das quantidades desses ácidos graxos presente na dieta, efeito genético na expressão da Δ^9 dessaturase, e efetividade na biohidrogenação (BRESSAN et al., 2011).

Animais terminados com pastagens apresentam um aumento em C18:0, C18:3 n -3, C20:4 n -6, C20:5 n -3 (EPA) e C22:5 n -3 (DHA) (BRESSAN et al., 2011; REALINI et al., 2004; ROSSATO et al., 2010; YANG et al., 2002). Em contrapartida, novilhos alimentados com concentrados mostraram altos valores de C14:0 (TULLIO, 2004).

No Brasil, a produção de ruminantes tem como base o uso de pastagens naturais ou cultivadas, devido à extensão territorial, condições climáticas e custos (SILVA; CORSI, 2003). Contudo, a produção das pastagens tropicais em quantidades adequadas ocorre em período entre 180 a 200 dias no ano (SANTOS et al., 2003). No período restante, ou os animais convivem com a baixa disponibilidade de forragem, ou o produtor utiliza sistemas de terminação com volumosos conservados, suplementados com concentrado. Neste caso, o conhecimento da composição bromatológica dos volumosos permite uma utilização racional, visando aspectos de manutenção ou ganhos de peso (AGUIAR et al., 2006).

A prática do confinamento de bovinos permite reduzir a idade de abate do animal, acelera o giro de capital, com retorno mais rápido dos valores investidos na engorda, reduz a ociosidade dos frigoríficos na entressafra (PEIXOTO et al., 1989), aumenta a produtividade da pecuária de corte e aumenta a oferta de empregos no meio rural (CORRÊA, 1988). Nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Norte, a terminação de bovinos é realizada

predominante com pastagens tropicais, associada ao uso de grãos (Sudeste). Na região Sul a pastagem temperada é a fonte alimentar do sistema extensivo, e em pequena parcela os animais são terminados em sistema intensivo (ANUALPEC, 2006).

A produção de ruminantes no Brasil tem como base o uso de pastagens naturais ou cultivadas devido sua extensa área territorial, condições climáticas e custos favoráveis. Em geral, as pastagens são formadas por gramíneas tropicais do gênero *Brachiaria*, as quais apresentam produção distribuída em dois períodos distintos: estação chuvosa e quente e estação seca e fria.

Os sistemas de terminação baseados em pastagem ou concentrado produzem diferença na qualidade da carne e composição de ácidos graxos, por alterar a ingestão e a quantidade de gordura de deposição. Ademais, a dieta tem efeito na distribuição isomérica dos ácidos graxos. O uso de concentrados aumenta os ácidos octadecenoicos com predomínio do isômero C18:1 *trans*-10, e a dieta rica em forragem aumenta o isômero C18:1 *trans*-11 (GRINARI et al., 1998).

2.3 Efeito genético sobre o perfil de ácidos graxos

No tecido adiposo, uma das funções desempenhada pela *stearyl*-CoA (Δ^9 dessaturase) é a conversão dos AGS (C14:0, C16:0 e C18:0) em AGM *cis*-9 (ST. JOHN; LUNT; SMITH, 1991). A elevada quantidade de AGM na gordura intramuscular de bovinos *Wagyu* pode ser resultado da maior atividade da Δ^9 dessaturase nesses animais em comparação com outros bovinos (STURDIVANT et al., 1992). Essa hipótese foi confirmada para C16:1 *cis*-9 e C18:1 *cis*-9 em animais *Simental* e *Holstein* (NUERNBERG et al., 2005), e *Angus*, *Charolês* x *Angus* e *Holstein* (GARCIA et al., 2008). Usando a estimativa de atividade da Δ^9 dessaturase, diferenças entre raças foram

evidenciadas entre *Jersey* e *Limousin* (MALAU- ADULI et al., 1998), *Simental* e *Red Angus* (LABORDE et al., 2001) e entre famílias de animais *Wagyu* (OKA et al., 2002). Num trabalho maior, usando 1215 vitelos filhos de vacas *Hereford* e touros *Jersey*, *Wagyu*, *Angus*, *Hereford*, *Devon*, *Limousin* e *Belgian Blue*, Pitchford et al. (2002) observaram que na fração lipídica das amostras, alguns descendentes (raças) com maiores quantidades de AGM mostraram também índices elevados de Δ^9 dessaturase 18.

Em relação à deposição de AGP *n-6*, *n-3*, e ácidos graxos intermediários da biohidrogenação (*CLA* e *trans*), certas raças mostram tendência em depositar maior quantidade de *CLA* (MIR et al., 2002). Por outro lado, animais *B. taurus* e *B. indicus* mostram diferenças para tamanho/peso do trato gastrointestinal (SOLIS et al., 1988) e do rúmen (MENEZES et al., 2007), que podem estar associadas à efetividade da biohidrogenação.

2.4 Biohidrogenação

No processo de biohidrogenação descrito na figura 1, pela ação de microrganismos ruminais, o ácido linoleico (C18:2 *cis-9*, *cis-12*) passa a ácido rumênico ou *CLA* (C18:2 *cis-9*, *trans-11*), e em seguida a ácido vacênico (C18:1 *trans-11*), que posteriormente, é convertido em ácido esteárico (C18:0) (Figura 1). Esses ácidos graxos são absorvidos, alcançam os tecidos (BAUMAN; GRINARI, 1999), e pela ação da enzima Δ^9 dessaturase, o ácido esteárico pode ser transformado em ácido oleico (C18:1 *cis-9*) e o ácido vacênico (C18:1 *trans-11*) pode ser transformado em ácido rumênico (*CLA*) (BAUMAN; GRINARI, 2001).

Altas concentrações de linoleico (C18:2 $n-6$) inibem o último passo da biohidrogenação, que desencadeia o acúmulo de C18:1 *trans-11* no rúmen. Esse ácido graxo é absorvido e no tecido adiposo pode ser convertido em C18:2 *cis-9*,

trans-11 (*CLA*), através da enzima Δ^9 dessaturase. Esse processo é mais evidente na glândula mamária e justifica os maiores teores de *CLA* no leite em relação a carne (CHIN et al., 1992).

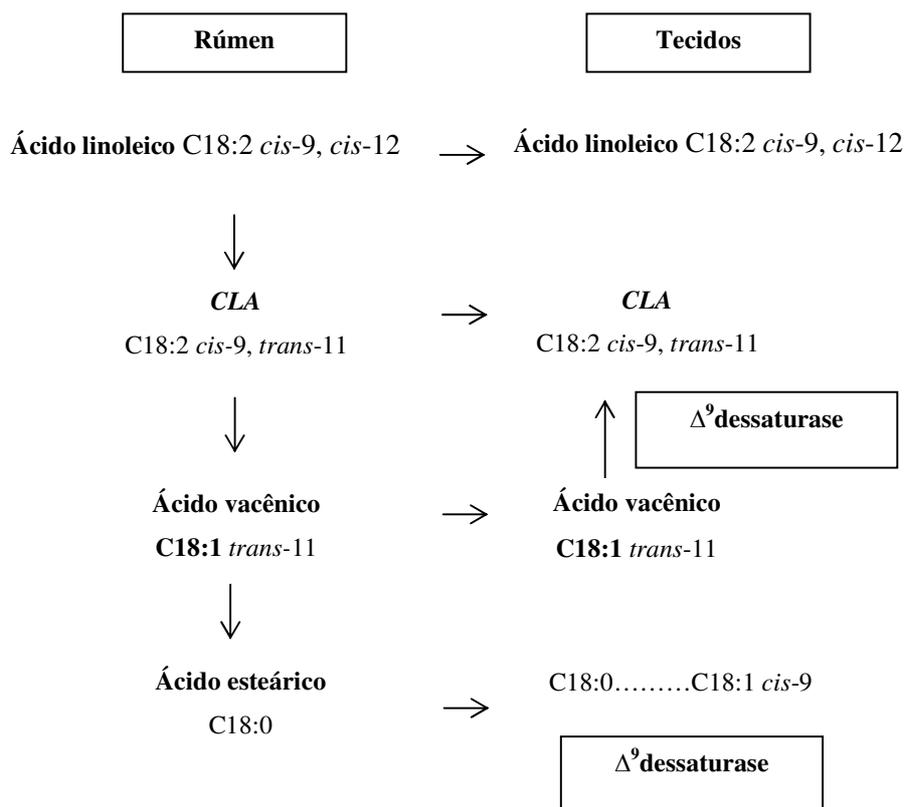


Figura 1 Biohidrogenação ruminal e tecidual de ácidos graxos
Fonte: Eifert (2004)

A biohidrogenação pode ser inibida pela presença do concentrado na dieta (KUCUK et al., 2001; LOOR et al., 2004), que provoca reduções no pH ruminal e na lipólise (DOREAU; FERLAY, 1994), que é pré-requisito para a biohidrogenação (LATHAM; STORRY; SHARPE, 1972). O baixo pH do rúmen

pode afetar a etapa final da biohidrogenação, em que o C18:1 é convertido a C18:0 (Figura 2) (DEMEYER; DOREAU, 1999).

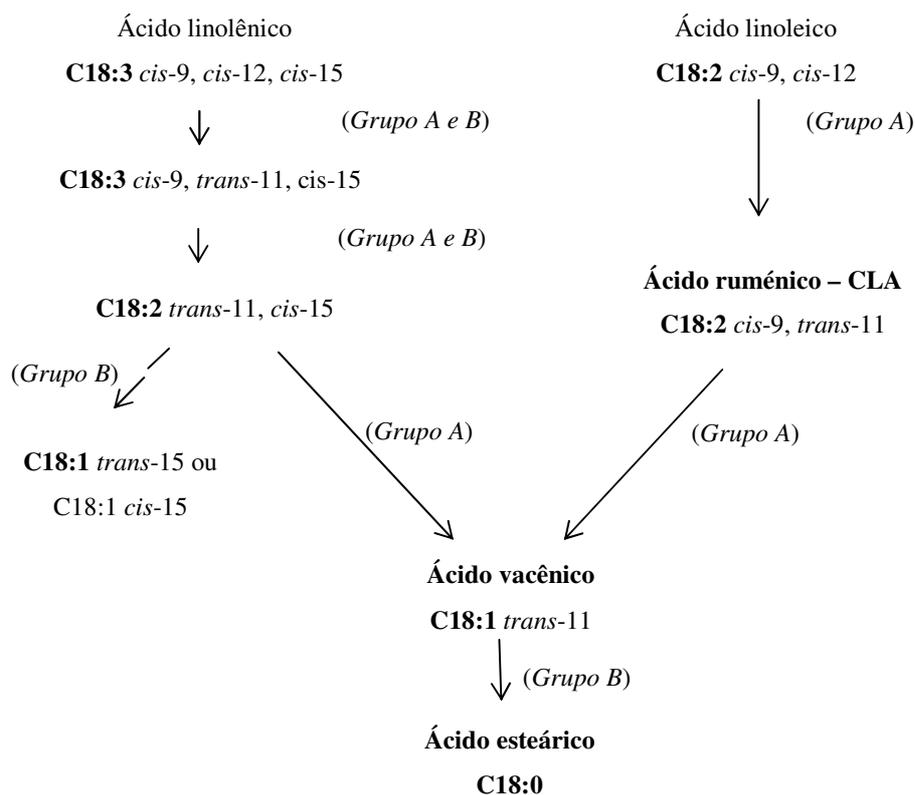


Figura 2 Rotas da biohidrogenação dos ácidos linolênico (C18:3n-3) e linoleico (C18:2n-6) no rúmen

Fonte: Adaptado de Harfoot e Hazlewood (1988)

A população microbiana ruminal é dividida em dois grupos: o primeiro grupo é composto pelas bactérias responsáveis pelas reações de transformação do ácido linoleico (C18:2n-6) em ácidos vacênico (C18:1 *trans*-11), enquanto o segundo grupo de microrganismos está envolvido na catalização do passo final, em que o ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) é convertido a ácido esteárico

(C18:0). Assim, uma mudança no ambiente ruminal, pode alterar as proporções e a composição dessas duas populações, associadas à produção de CLA (MADRON et al., 2002).

As bactérias que participam da biohidrogenação são divididas em dois grupos: A e B, com ações específicas (KEMP; LANDER, 1984). As bactérias do grupo A hidrogenam o ácido linoleico e linolênico, tendo como produto final o C18:1 *trans*, enquanto que apenas algumas estirpes do grupo B podem hidrogenizar os ácidos graxos C18:1 *trans* tendo como produto final o C18:0 (BAUMAN; GRINARI, 1999; HARFOORT; HAZLEWOOD, 1997). Jenkins et al. (2007), estudando as bactérias envolvidas no processo de biohidrogenação, identificaram essas bactérias com base na sequência de RNA (ácido ribonucleico) (Figura3).

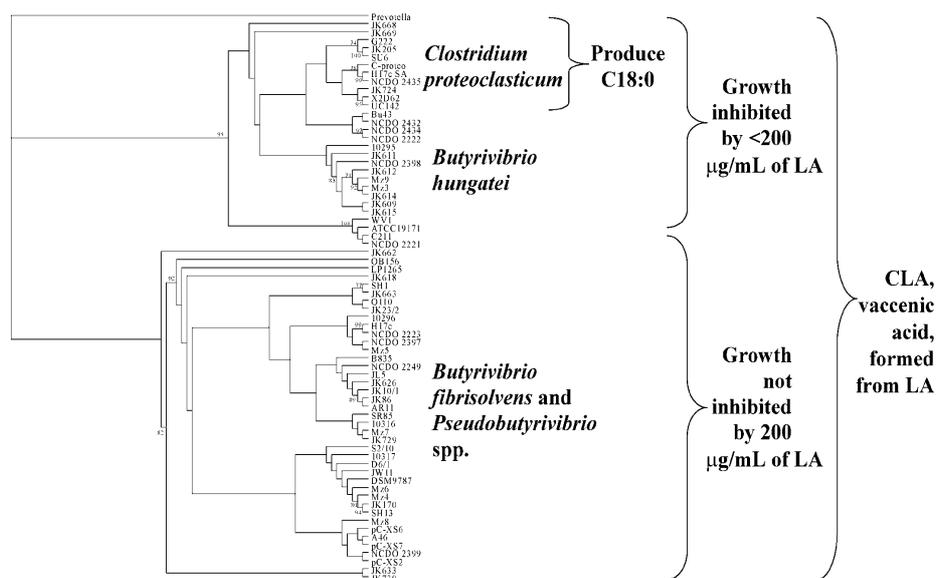


Figura 3 Árvore filogenética com base na análise da sequência 16S rRNA das bactérias ruminais relacionada com *Butyrivibrio*, metabolismo do ácido linoleico, e sua sensibilidade à inibição do crescimento por ácido linoleico

Fonte: Jenkins et al. (2007)

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. M. et al. Rendimento e composição químico-bromatológica da gordura intramuscular de feno triturado de gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, p. 2226-2233, 2006.
- ANUALPEC: anuário estatístico da produção animal. São Paulo: Prol, 2006. 364 p.
- BAUMAN, D. E.; GRINARI, J. M. Biosynthesis of CLA and its incorporation into meat and milk of ruminants. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, p. 117, 1999. Suppl. 1.
- BAUMAN, D. E.; GRINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 70, p. 15-19, 2001.
- BERTRAND, J. A. et al. Nutrient content of whole cottonseed. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, p. 1470-1477, 2005.
- BESSA, R. J. B. Revalorização nutricional das gorduras dos ruminantes. In: SYMPOSIUM EUROPEO-ALIMENTACIÓN EN EL SIGLO, 21., 1999, Badajoz. **Anais...** Badajoz: Colegio Oficial de Veterinarios de Badajoz, 1999. p. 283-313.
- BONANOME, A.; GRUNDY, S. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein concentrations. **New England Journal of Medicine**, Waltham, v. 318, p. 1244-1248, 1988.
- BRESSAN, M. C. et al. Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 221-232, 2011.
- BURGI, R. Confinamento estratégico. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD ROM.
- CHIN, S. F. et al. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 5, n. 1, p. 185-197, 1992.

CORRÊA, A. S. **Produção e comércio de carne bovina**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1988.

COSTA, Q. P. B. et al. Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 729-735, 2011.

DANNENBERGER, D. et al. Carcass and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. **Archiv Tierzucht**, Dummerstorf, v. 49, p. 315-328, 2006.

DEMEYER, D.; DOREAU, M.; Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 58, n. 3, p. 593-607, 1999.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, p. 379-396, 1994.

EIFERT, E. C. **Fontes de carboidratos, óleo de soja e monensina para vacas lactantes**: desempenho, digestibilidade, parâmetros ruminais e perfil de ácidos graxos do leite. 2004. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

ERIKSSON, S. F.; PICKOVA, J. Fatty acids and tocopherol levels in M. Longissimus dorsi of beef cattle in Sweden: a comparison between seasonal diets. **Meat Science**, Barking, v. 76, p. 746-754, 2007.

FLORA, S. J. S. Review Structural, chemical and biological aspects of antioxidants for strategies against metal and metalloid exposure. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, New York, v. 2, p. 191-206, 2009.

GAMA, L. T. **Melhoramento genético animal**. Lisboa: Escolar, 2002. 306 p.

GARCIA, P. T. et al. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 500-508, 2008.

GIDDING, S. S. et al. Dietary recommendations for children and adolescents: a guide for practitioners: consensus statement from the American Heart Association. **Circulation**, Baltimore, v. 112, n. 13, p. 2061-2075, 2005.

GRIINARI, J. M. et al. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 1251-1261, 1998.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: P. N. 19 Hobson (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. London: Elsevier Science, 1988. p. 285-322.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2009. v. 37, p. 1-55.

JENKINS, T. C. et al. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 397-412, 2007.

KELEMEN, L. E. et al. Associations of dietary protein with disease and mortality in a prospective study of postmenopausal women. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 161, p. 239-249, 2005.

KEMP, P.; LANDER, D. J. Hydrogenation in vitro of α -linoleic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. **Journal of General Microbiology**, London, v. 130, p. 527-533, 1984.

KONTOGIANNI, M. D. et al. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: the CARDIO2000 case-control study. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 62, p. 171-177, 2008.

KUCUK, O. et al. Effect of forage:concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 2233-2240, 2001.

LABORDE, F. L. et al. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 355-365, 2001.

LADEIRA, M. M.; OLIVEIRA R. L. Estratégias nutricionais para melhoria da carcaça bovina In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 2., 2006, Brasília. **Anais...**Brasília: [s. n.], 2006.

LATHAM, M. J.; STORRY, J. E.; SHARPE, M. E. Effect of low roughage diets on the microflora and lipid metabolism in the rumen. **Applied Microbiology**, Washington, v. 24, p. 871-877, 1972.

LINDSEY, T. O.; HAWKINS, G. E.; GUTHRIA, L. D. Physiological response of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, p. 562-573, 1980.

LOOR, J. J. et al. Biohydrogenation, duodenal flows, and intestinal digestion of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage:concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, p. 2472-2485, 2004.

MADRON, M. S. et al. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1135-1143, 2002.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. Breed comparison of the fatty acid composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 766-773, 1998.

MANN, N. et al. Fatty acid composition of habitual omnivore and vegetarian diets. **Lipids**, Champaign, v. 41, n. 7, p. 637, 2006.

MARIANTE, A. S.; MCMANUS, C.; MENDONÇA, J. F. **Country report on the state of animal genetic resources – Brazil**. Brasilia: Embrapa Genetic Resources and Biotechnology, 2003.

MCAFEE, A. J. et al. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. **Meat Science**, Barking, v. 84, p. 1-13, 2010.

MENEZES, L. F. G. et al. Órgãos internos e trato gastrointestinal de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e *Nelore* terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 120-129, 2007.

MIR, P. S. et al. Growth, carcass characteristics, muscle conjugated linoleic acid (CLA) content, and response to intravenous glucose challenge in high percentage Wagyu, Wagyu X Limousin, and Limousin steers fed sunflower oil-containing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2996-3004, 2002.

NUERNBERG, K. et al. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 94, p. 137-147, 2005.

NUNES, H. et al. Alimentos alternativos na dieta dos ovinos: uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Mayaguez, v.15, p.147-158, 2007.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; MINZANO, R. P. Volumosos suplementares na produção de bovinos corte em pastagem. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOCTENIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 253-257.

OKA, A. et al. Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1005-1011, 2002.

PAGE, A. M. et al. Dietary whole cottonseed depresses lipogenesis but has no effect on stearoyl coenzyme desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue. **Biochemistry and Physiology**, Lisse, v. 118B, n. 1, p. 79-84, 1997.

PEIXOTO, A. M. et al. **O confinamento de bois**. 4. ed. São Paulo: Globo, 1989.

PITCHFORD, W. S. et al. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2825-2832, 2002.

REALINI, C. E. et al. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 3, p. 567-577, 2004.

RODRIGUES, E. C. **Influência do sistema de terminação e genótipo na qualidade da carne de bovinos de rebanhos comerciais**. 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RODRIGUES, V. C. et al. Ácidos graxos na carne de búfalos e bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 434-443, 2004.

ROSSATO, L. V. et al. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 9, p. 1841-1846, 2009.

ROSSATO, L. V. et al. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 1127-1134, 2010.

SANTOS, F. A. P. et al. Associação de plantas forrageiras de clima temperado e tropical em sistemas de produção animal de regordura intramusculares subtropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2003. p. 215-246.

SCOLLAN, N. D. et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 74, p. 17-33, 2006.

SIDDIQUI, R. A.; HARVEY, K. A.; ZALOGA, G. P. Modulation of enzymatic activities by n₃ polyunsaturated fatty acids to support cardiovascular health. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 19, n. 7, p. 417-437, 2008.

SILVA, S. C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 20., 2003. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2003. p. 155-185.

SOLIS, J. C. et al. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 764-773, 1988.

ST. JOHN, L. C.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 1064-1073, 1991.

STURDIVANT, C. et al. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and M. longissimus dorsi of Wagyu cattle. **Meat Science**, Barking, v. 32, p. 449-458, 1992.

TULLIO, R. R. **Estratégias de manejo para a produção intensiva de bovinos visando à qualidade da carne**. 2004. 107 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

VALSTA, L. M.; TAPANAINEN, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 525-530, July 2005.

VAZ, F. N. et al. Carcass and meat characteristics of steers produced by 1/2 Nellore 1/2 Charolais and 1/2 Charolais 1/2 Nellore cows mated with charolais and Nellore Bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1734-1743, 2002.

WILLIAMSON, C. S. et al. Red meat in the diet. **Nutrition Bulletin**, Cleveland, v. 30, n. 4, p. 323-355, 2005.

WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.

WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 343-358, 2008.

YANG, A. et al. Lipid stability and meat color of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. **Meat Science**, Barking, v. 60, p. 41-50, 2002.

**CAPÍTULO 2 Perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular de bovinos
Nelore e F1 (*Nelore* X *Simental*) em diferentes sistemas de
terminação**

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o perfil de ácidos graxos (*longissimus thoracis*) dos grupos genéticos *Nelore* (n=67) e *Nelore* x *Simental* (n=67), terminados em sistema intensivo (n=94) e extensivo (n=40), abatidos com peso médio de carcaça de 264 a 305kg, respectivamente. O sistema de terminação influenciou mais o perfil de ácidos graxos, do que o efeito do grupo genético. Altas quantidades de ácidos graxos C14:0, C16:0, C18:2n-6, e n-6/n-3 foram oriundas do sistema intensivo, e C18:2 cis-9 trans-11, \sum AGP, P/S e Δ^9 dessaturases foram oriundas do sistema extensivo (P<0,05). Os animais *Nelore* apresentaram altos valores de C14:0 e C15:0 (P<0,05), possivelmente decorrente de maior atividade da elongase, associada a menor atividade da Δ^9 dessaturase no sistema intensivo. Os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram altas taxas de C18:2n-6 e \sum AGP n-6 (P<0,05). Sendo assim, conclui-se que carnes oriundas de animais do sistema extensivo apresentaram um perfil lipídico mais adequado para dieta humana do que os animais do sistema intensivo.

Palavras-chave: Bovinos. Perfil de ácidos graxos. Gordura intramuscular

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fatty acid profile (*longissimus thoracis*) of *Nelore* (n=67) and *Nelore* x *Simmental* (n=67), finished in intensive system (n=94) and extensive system (n=40) slaughtered at average carcass weight from 264 to 305kg, respectively. The finishing system most influenced the fatty acid profile, than the genetic group effect. High fatty acids amounts C14:0, C16:0, C18:2n-6, and n-6/n-3 were derived from the intensive system, and C18:2 cis-9 trans-11, Σ AGP, P/S e Δ^9 desaturases were derived from extensive system (P<0.05). The *Nelore* showed high levels C14:0 and C15:0 (P<0.05), possibly due to greater elongase activity associated with lower activity Δ^9 desaturase in intensive system. The animals *Nelore* x *Simmental* showed high rates of C18:2n-6 e Σ AGP n-6 (P<0.05). Thus, it appears that meat from animals of extensive system presented a lipid profile more suitable to the human diet than the animals in intensive system.

Keywords: Cattle. Fatty Acids Profile. Intramuscular fat.

1 INTRODUÇÃO

As carnes vermelhas da dieta, em geral, são associadas com enfermidades cardiovasculares no homem (KATAN; MENSINK, 1993) devido às características de sua gordura, que apresenta maiores concentrações de ácidos graxos saturados e menores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados em comparação com gorduras de não ruminantes (VALSTA; TAPANAINEN; MANNISTO, 2005). Por outro lado, alguns componentes da carne são identificados como compostos bioativos, tais como ácidos graxos essenciais (TAPIERO et al., 2002), *CLA* e seus isômeros (IP, 1997).

Os fatores dieta e genótipo exercem forte influência no perfil lipídico das gorduras da carne e carcaça (ALFAIA et al., 2006; PADRE et al., 2007). Contudo, a deposição de gordura e o perfil lipídico resultam do equilíbrio entre aporte e demandas dietéticas relacionadas ao metabolismo lipídico, e depende do controle homeostático e expressão das características genéticas associadas ao meio ambiente (HANSEN, 2004).

Em geral, um perfil lipídico mais benéfico para a dieta humana é encontrado em carnes de ruminantes terminados em sistema extensivo (BRESSAN et al., 2011; FRENCH et al., 2000; ROSSATO et al., 2010), embora nesse sistema seja necessário maior tempo de terminação, com maior demanda de recursos naturais associado a maior produção de dejetos e gases de efeito estufa (LASSEY, 2008). Por outro lado, o fator genético é apontado como fonte de variação no perfil lipídico (BRESSAN et al., 2011; DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004; RODRIGUES et al., 2004; ROSSATO et al., 2010), em geral associado com variações na expressão das enzimas envolvidas no metabolismo das gorduras (GAMA et al., 2013; NTAMBI, 1992), tais como Δ^9 dessaturase (converte AGS em *cis*-9 AGM, e C18:1 *trans*-11 em C18:2 *cis*-9, *trans*-11), alongase (converte C16:0 em C18:0, ou C18 AGP em C20-C22), e Δ^4 , Δ^5 , e

Δ^6 desaturase (convertem C18 em C20-C22 AGP) (BRESSAN et al., 2011; WARREN et al., 2008; WOOD et al., 2008). Contudo, o comportamento do perfil lipídico relacionado ao sistema de terminação, e efeito do grupo genético e além das possíveis interações desses fatores são ainda pouco conhecidas. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi estudar o perfil lipídico da gordura intramuscular de animais dos grupos genéticos *Nelore* e *Nelore x Simental*, terminados em diferentes sistemas de terminação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras – Brasil no período de 2009 a 2010 e no Instituto Nacional dos Recursos Biológicos (INRB, I.P), do Ministério da Agricultura e das Pescas, alocado na Unidade de Recursos Genéticos, Reprodução e Melhoramento Animal - Vale de Santarém, Portugal, no período de 2011 a 2012.

Todos os animais utilizados neste trabalho foram obtidos, criados e terminados em uma exploração comercial, situada no município de Pontal do Araguaia, Estado do Mato Grosso (Brasil), com altitude de 318 metros, temperaturas médias mínimas de 15-22 °C e médias máximas de 31-33 °C, e precipitações médias máximas de 140 a 296 mm nos meses de outubro a março.

2.1 Animais e sistemas de terminação

Cento e trinta e quatro bovinos machos inteiros dos grupos genéticos *Nelore* (n=67) e *Nelore x Simental*, (n=67), com pesos médios de carcaça de 264 a 305 kg, respectivamente, e idade média final de 24 a 28 meses, foram terminados nos sistemas intensivo (n=94), por 90 dias, e extensivo (n=40), por 225 dias.

Os animais utilizados neste trabalho foram separados aleatoriamente dentre um grupo de mesma época de parição. Na obtenção dos animais foram utilizadas fêmeas *Nelore*, inseminadas com sêmem de touro *Nelore* ou touro *Simental*. Os animais foram desmamados com 8 meses de idade e criados em sistema extensivo, pastejo contínuo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Antes de entrar em fase de terminação, os animais foram verminados com sulfóxido de albendazole e, os animais terminados em confinamento receberam

dieta de adaptação por 15 dias. Na fase de terminação, os animais receberam as dietas I e II, formuladas para ganhos de peso de bovinos machos inteiros, conforme National Research Council - NRC (2000). O período total de confinamento foi de 90 dias; nos primeiros 45 dias utilizou-se a dieta I e no período remanescente a dieta II (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Composição da dieta experimental I.

Ingredientes	Kg MN¹	Kg MS¹	% PB²	% NDT²
Caroço de algodão	11,00	9,82	2,20	9,34
Casca de soja	22,33	20,14	2,77	15,51
Núcleo mineral ³	2,57	2,57	-	-
Resíduo de soja	5,83	5,34	2,49	4,06
Silagem de sorgo	19,00	6,36	0,48	3,75
Sorgo grão	39,27	34,38	3,35	27,35
Total	100,00	78,61	11,29	60,09

¹ MN: matéria natural; MS: matéria seca;

² PB: proteína bruta e NDT: nutrientes digestíveis totais (Estimado por Valadares Filho, Rocha Júnior e Capelle, 2002);

³ Núcleo Mineral : Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg; Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg; Vit.A: 70.000 UI; Vit. D3: 5.000 UI; Vit. E: 15 UI; Niacina: 3,33 mg.

Tabela 2 Composição da dieta experimental II.

Ingredientes	Kg MN¹	Kg MS¹	% PB²	% NDT²
Caroço de algodão	11,24	10,03	2,24	9,63
Casca de soja	34,71	31,31	4,30	24,11
Núcleo mineral ³	2,61	2,61	-	-
Resíduo de soja	5,92	5,42	2,53	4,12
Silagem de sorgo	14,91	4,99	0,38	2,94
Sorgo grão	30,61	26,80	2,61	21,32
Total	100,00	81,17	12,07	62,12

¹ MN: matéria natural; MS: matéria seca;

² PB: proteína bruta e NDT: nutrientes digestíveis totais (Estimado por Valadares Filho, Rocha Júnior e Capelle, 2002);

³ Núcleo Mineral : Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg; Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg; Vit.A: 70.000 UI; Vit. D3: 5.000 UI; Vit. E: 15 UI; Niacina: 3,33 mg.

A ingestão média de matéria seca/dia/peso vivo de animal variou de 2,45 a 2,89kg, com um consumo médio entre 10,52 a 13,58 kg/cab/dia (matéria seca)

ou entre 15,83 a 21,01 kg/cab/dia (matéria natural). Todos os ingredientes usados foram produzidos no Estado de Mato Grosso.

No período de confinamento, os animais foram alocados em um piquete com 1600 m², equipado com bebedouro de alvenaria (capacidade para 7500 litros), e comedouro de alvenaria com 50 metros lineares. A dieta foi oferecida aos animais 6 a 8 vezes ao dia, com início a partir das 6:30 horas e término as 18:30 horas. A quantificação das sobras foi utilizada para ajustar a oferta de alimento a cada distribuição.

Na fase de terminação, os animais foram alocados em piquete, contendo pastagem cultivada *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com altura de plantas superior a 1 metro, e produção média de matéria seca de 8 a 20 toneladas/ha/ano. A pastagem recebeu adubação na época da sua implantação, e o controle de plantas invasoras anuais e perenes foi realizada com herbicida. Os animais permaneceram em sistema de pastejo contínuo, com uma ingestão média de alimentos (matéria seca) na ordem de 2,4% do peso vivo com uma taxa de lotação de 0,8 animais/ha. O espaço disponível aos animais foi delimitado com cercas de arame liso com 5 fios, altura de 1,60 m, e postes de madeira espaçados a cada 5 metros. Os animais dispunham de bebedouros de alvenaria com capacidade de 15 mil litros cada e regiões de proteção dos raios solares, fornecidas por árvores nativas espalhadas aleatoriamente por toda a área de pastagens.

O perfil de ácidos graxos das dietas ofertadas para aos animais são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Perfil de ácidos graxos da dieta dos animais terminados no sistema intensivo (médias da dieta I e II + silagem) e extensivo (resultados adaptados da literatura).

Ácidos graxos	Concentrado + silagem (%)	<i>Brachiaria brizantha</i> ⁵
C14:0	2,90	-
C16:0	26,01	-
C18:0	13,13	-
C18:1 <i>cis</i> -9	28,20	-
C18:2 <i>n</i> -6	14,85	-
C18:3 <i>n</i> -3	0,17	-
AGS ¹	46,83	29,7
∑AGI ²	52,37	69,3
∑AGM ³	35,35	25,2
∑AGP ⁴	17,02	45,1
∑ <i>n</i> -6	18,33	16,9
∑ <i>n</i> -3	0,76	28,2

¹ AGS = ácidos graxos saturados;

² AGI = ácidos graxos insaturados;

³ AGM= ácidos graxos monoinsaturados;

⁴ AGP = ácidos graxos poli-insaturados.

⁵Padre et al. (2007)

2.2 Operações de abate

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial com certificação para a exportação. Após descanso de 12 horas, jejum de alimentos sólidos e dieta hídrica, e insensibilização por concussão cerebral, os animais foram abatidos por secção da artéria carótida e veia jugular, seguida de estimulação elétrica. As meias-carcaças foram resfriadas à temperatura de 2,1°C por 48 horas. Todos os procedimentos de abate foram realizados conforme as normas oficiais (BRASIL, 1962).

2.3 Coleta das amostras

Porções do músculo *Longissimus thoracis* com a gordura subcutânea, foram coletadas após 48 horas *post mortem* na altura da 11^a a 13^a costela da

meia- carcaça esquerda. As amostras foram embaladas a vácuo, usando filme de polietileno termoencolhível, submetidas a túnel de congelamento (-30 a -35°C) e mantidas à temperatura -20 °C. Antes das análises, as amostras foram descongeladas a 4 °C por 24 horas. Uma vez descongeladas, as amostras foram encaminhadas para as análises de colesterol e perfil de ácidos graxos. Todas as análises, com exceção do perfil de ácidos graxos, foram realizadas em duplicata e a média foi usada na análise estatística.

2.4 Análises laboratoriais

2.4.1 Determinação de lipídeos totais, colesterol e perfil de ácidos graxos

Para a determinação de lipídeos totais, colesterol e perfil de ácidos graxos os lipídios foram extraídos de acordo com os procedimentos de Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957).

A determinação do colesterol foi realizada por colorimetria, conforme Bohac et al. (1988) e adaptações descritas por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001). Os resultados foram expressos em mg/100 g de carne. A preparação de ésteres metílicos dos ácidos graxos foi realizada de acordo com Raes, De Smet e Demeyer (2001), usando NaOH/MeOH e HCl/MeOH. Após a metilação dos ácidos graxos, os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foram submetidos a cromatografia gasosa (cromatógrafo *Agilent HP 6890 Agilent Technologies Inc.*, Palo Alto, CA), equipado com detector de ionização de chama, injetor *split* na razão 1:10, coluna capilar (CP-Sil 88, 100 m × 0.25 mm × 0.20 µL; *Varian Inc.*, Walnut Creek, CA) e acoplado a um *software* desenvolvido pela *Chemstation*. As condições cromatográficas foram: temperatura inicial da coluna de 100 °C por 1 minuto, elevação de 50 °C/minuto até 150 °C e manutenção por 20 minutos; elevação a 1°C/minuto até os 190 °C e manutenção por 5 minutos;

nova elevação a 1°C/minuto até 200 °C e manutenção por 35 minutos. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C e a do detector a 280 °C. O gás de arraste utilizado foi o hélio, à pressão constante de 32,78 *psi*.

Os diferentes ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção apresentados pelo padrão cromatográfico de C4:0 a C24:0 (*Supelco37 standard FAME Mix, Supelco Inc., Bellefonte, PA*). A quantificação dos ácidos graxos foi realizada por normalização.

Os totais de ácidos graxos saturados (\sum AGS), monoinsaturados (\sum AGM), monoinsaturados *cis*-9 (\sum AGM *cis*-9), monoinsaturados *trans* (\sum AGM *trans*), poli-insaturados (\sum AGP), poli-insaturados *n*-3 (\sum AGP *n*-3) e poli-insaturados *n*-6 (\sum AGP *n*-6) foram calculados como os somatórios dos ácidos graxos individuais, conforme abaixo:

- a) \sum AGS = (C10:0 + C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C23:0);
- b) \sum AGM = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-7 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-11 + C18:1 *cis*-12 + C18:1 *cis*-13 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14 + C20:1 *cis*-11);
- c) \sum AGM *cis*-9 = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9);
- d) \sum AGM *trans* = (C18:1 *trans* 6, 7, 8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-16 *cis*-14);
- e) CLA + C18:1 *trans*-11 = C18:2 *cis*-9, *trans*-11 + C18:1 *trans*-11
- f) \sum AGP = (C18:2*n*-6 + C20:3*n*-6 + C20:4*n*-6 + C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);
- g) \sum AGP *n*-3 = (C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);
- h) \sum AGP *n*-6 = (C18:2*n*-6 + C20:3*n*-6 + C20:4*n*-6).

O índice de aterogenicidade foi calculado de acordo com a proposta de Ulbricht e Southgate (1991), como um indicador para o risco de doença cardiovascular. Os cálculos foram feitos da seguinte forma: Aterogênicidade = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma AGS + \Sigma AGP)$.

As atividades das enzimas Δ^9 dessaturase e elongase foram estimadas de acordo com Kazala et al. (1999), Malau-Aduli et al. (1997) e Pitchford et al. (2002), por meio de cálculos a partir dos dados de ácidos graxos:

- a) Δ^9 dessaturase (14) = $(C14:1 \text{ cis-9})/(C14:1 \text{ cis-9} + C14:0)$;
- b) Δ^9 dessaturase (16) = $(C16:1 \text{ cis-9})/(C16:1 \text{ cis-9} + C16:0)$;
- c) Δ^9 dessaturase (18) = $(C18:1 \text{ cis-9})/(C18:1 \text{ cis-9} + C18:0)$;
- d) elongase = $(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})/(C16:0 + C16:1 \text{ cis-9} + C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})$.

As estimativas da atividade enzimática da elongase, dessaturase e elongase (combinada) na via *n-6* e *n-3* foram realizadas de acordo com Ntawubizi et al. (2010), conforme demonstrado a seguir:

- a) atividade combinada *n-6* = $(C20:4n-6)/(C18:2n-6)$;
- b) atividade combinada *n-3* = $(C22:5n-3)/(C18:3n-3)$;
- c) atividade combinada *n-3* = $(C20:5n-3)/(C18:3n-3)$.

2.5 Delineamento e análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, dois grupos genéticos (*Nelore* e *Nelore x Simental*) e dois sistemas de terminação (intensivo e extensivo). Cada animal foi considerado como uma

unidade experimental, e para todas as variáveis foi utilizado o procedimento GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2004), com seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + S_j + R*S_{ij} + e_{ij}$$

μ = média geral;

R = efeito do grupamento genético (i= 1 ou 2, *Nelore* ou *Nelore x Simental*);

S = efeito do sistema de terminação (j=1 ou 2, intensivo ou extensivo);

R*S = interação grupamento genético i e sistema de criação j;

e = erro experimental, pressuposto normal e independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 .

Quando a interação foi significativa ($P < 0,05$) entre os fatores principais o desdobramento em função dos sistemas de terminação foi realizado com o uso “*slice*” no mesmo procedimento do SAS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito dos grupos genéticos

3.1.1 Lipídeos totais e colesterol

Os resultados médios e erro padrão para lipídeos totais e colesterol do músculo *longissimus thoracis* de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Lipídeos totais e colesterol avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Grupos Genéticos				PR ²
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		
Lipídeos totais ⁴	1,91	(0,086) ¹	1,75	(0,092) ¹	0,18
Colesterol (mg/100g)	38,19	(1,688)	36,18	(1,838)	0,41

¹EPM – erro padrão da média

²Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

³*Nelore* (n=67), *Nelore F1*(n=67)

⁴Lipídeos totais foi determinada segundo Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957)

No presente estudo, não foi observada diferença estatística entre os grupos genéticos para os lipídeos totais e colesterol (Tabela 4). Rodrigues et al. (2004), estudando bovinos *Nelore* e $\frac{1}{2}$ *Nelore x Sindi*, alimentados com ração, não encontraram diferença na porcentagem de lipídeos totais entre os animais zebuínos ou cruzados zebuínos (9,9% e 7,9%, respectivamente). Entretanto Pitchford et al. (2002) encontraram que animais *Jersey*, *Wagyu* e *Angus* obtiveram 25% mais gordura intramuscular do que animais *Hereford* e *South Devon* (4,6 e 3,8%), sendo *Limousin* e *Belgian Blue* com menores percentuais (18% menos que *Hereford*).

Alguns autores descrevem resultados semelhantes entre raças ou grupos genéticos: Wheller et al. (1987), em animais *Chianina* e cruzas de *Hereford* x *Aberdeen Angus*, relataram médias de 63,015 mg/100g e Rodrigues et al. (2004), em bovinos *Nelore* ou $\frac{1}{2}$ *Nelore* x *Sindi*, citaram médias de 105,25 mg/100g.

3.1.2 Ácidos graxos saturados

Os resultados médios e erro padrão para ácidos graxos saturados (AGS) do músculo *longissimus thoracis* de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Ácidos graxos saturados¹ avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore* x *Simental*, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Grupos Genéticos				
	<i>Nelore</i> ⁴		<i>Nelore</i> x <i>Simental</i> ⁴		<i>PR</i> ³
C12:0	0,15	(0,008) ²	0,13	(0,008) ²	0,23
C14:0	3,08	(0,062)	2,68	(0,067)	<0,01
C15:0	0,41	(0,010)	0,37	(0,011)	<0,01
C16:0	24,22	(0,165)	24,76	(0,178)	<0,05
C17:0	0,94	(0,016)	0,91	(0,017)	0,11
C18:0	18,25	(0,234)	17,74	(0,252)	0,13
∑AGS ⁵	47,05	(0,329)	46,59	(0,354)	0,17
∑AGS ind – C18 ⁶	27,45	(0,215)	27,58	(0,232)	0,68

¹ Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

² EPM – erro padrão da média;

³ Probabilidades – *PR* probabilidade para efeito do grupo genético;

⁴ *Nelore* (n=67), *Nelore* F1 (n=67);

⁵ ∑AGS = (C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0);

⁶ ∑AGS ind – C18 = (C12:0 + C14:0 + C16:0).

As médias entre os grupos genéticos diferiram (P<0,05) para os ácidos graxos C14:0, C15:0 e C16:0 (Tabela 5). De forma que, comparados aos animais *Nelore* x *Simental*, os animais *Nelore* apresentaram resultados: a) mais elevados de C14:0, e C15:0, b) mais baixo de C16:0; e c) resultados similares para C12:0,

e somatório dos saturados implicados na saúde humana (C12:0, C14:0, e C16:0). Nesse conjunto de dados, a maior diferença entre grupos genéticos foi observada nas médias de C14:0, com resultados superiores em 13% para os animais *Nelore*.

Segundo Woollett et al. (1992), os ácidos C16:0 e C14:0 enriquecem os fosfolipídios das membranas celulares, interferindo na função normal dos receptores de lipoproteínas de baixa densidade (*LDL*), reduzindo sua remoção e aumentando sua concentração no plasma, portanto, são considerados hipercolesterolêmico. Entre esses, o ácido graxo C14:0 é o mais hipercolesterolêmico e possui potencial para elevar a concentração plasmática de colesterol quatro vezes mais que o C16:0. Segundo os autores Ender et al. (1997), Enser (1991) e Robelin (1986) a origem genética determina diferenças na composição de ácidos graxos intramuscular no músculo *longissimus dorsi*.

3.1.3 Ácidos graxos monoinsaturados

Os resultados médios e erro padrão para ácidos graxos monoinsaturados (AGM) do músculo *longissimus thoracis* de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Ácidos graxos monoinsaturados¹ avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Grupos Genéticos				
	<i>Nelore</i> ⁴		<i>Nelore x Simental</i> ⁴		<i>PR</i> ³
C14:1 <i>cis</i> -9	0,48	(0,019) ²	0,36	(0,020) ²	<0,01
C16:1 <i>cis</i> -7	0,26	(0,008)	0,26	(0,008)	0,63
C16:1 <i>cis</i> -9	2,77	(0,046)	2,60	(0,050)	<0,05
C17:1 <i>cis</i> -9	0,61	(0,012)	0,60	(0,013)	0,73
C18:1 <i>cis</i> -9	30,33	(0,343)	30,04	(0,370)	0,55
C18:1 <i>cis</i> -11	3,02	(0,207)	2,46	(0,223)	0,06
C18:1 <i>cis</i> -12	0,53	(0,020)	0,60	(0,021)	<0,05

“continua”

Tabela 6 “conclusão”

Variáveis	Grupos Genéticos				PR ³
	Nelore ⁴		Nelore x Simental ⁴		
C18:1 <i>cis</i> -13	0,25	(0,010)	0,23	(0,011)	0,11
C18:1 <i>trans</i> -6,7,8 ⁵	0,17	(0,015)	0,20	(0,017)	0,34
C18:1 <i>trans</i> -9	0,19	(0,025)	0,22	(0,027)	0,44
C18:1 <i>trans</i> -10	0,77	(0,062)	0,88	(0,067)	0,22
C18:1 <i>trans</i> -11	1,62	(0,080)	1,68	(0,087)	0,63
C18:1 <i>trans</i> -12	0,23	(0,013)	0,24	(0,014)	0,38
C18:1 <i>trans</i> -16 <i>cis</i> -14	0,23	(0,009)	0,20	(0,010)	<0,05
C20:1 <i>cis</i> -11	0,08	(0,015)	0,06	(0,016)	0,44
∑AGM ⁶	41,54	(0,301)	40,63	(0,324)	<0,05
∑AGM <i>cis</i> -9 ⁷	34,19	(0,366)	33,59	(0,394)	0,27
∑AGM <i>trans</i> ⁸	3,22	(0,111)	3,42	(0,119)	0,19

¹ Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

² EPM – erro padrão da média;

³ Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

⁴ Nelore (n=67), Nelore F1 (n=67);

⁵ ∑ dos AG C18:1 *trans* 6, C18:1 *trans* 7, C18:1 *trans* 8;

⁶ ∑AGM (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-7 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11+ C18:1 *trans*-12 + C18:1 *cis*-9+ C18:1 *cis*-11 + C18:1 *cis*-12 + C18:1 *cis*-13 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14 + C20:1 *cis*-11);

⁷ ∑AGM *cis*-9 = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9);

⁸ ∑AGM *trans* = (C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14).

Os ácidos graxos monoinsaturados em relação ao efeito do grupo genético, mostraram em carnes de animais *Nelore* resultados: a) altos ($P < 0,05$) de C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9, e ∑AGM ($P < 0,05$; e, b) similares ($P > 0,05$) nos demais AGM individuais, incluindo o C18:1 *trans*-11, ∑AGM *cis*-9 e ∑AGM *trans* (Tabela 6).

Os animais *Nelore* apresentaram percentuais superiores dos ácidos graxos monoinsaturados C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9. Confirmando os relatos de: Dinh (2006), em animais *Angus* (0,93%), *Brahman* (0,85%) e *Romosinuano* (0,61%); Laborde et al. (2001), em *Simental* (0,83%) e *Red Angus* (0,55%); Yang et al. (1999), em animais japoneses (2,5%) e australianos (0,7%). Mesmo entre animais da mesma raça, com famílias genéticas diferentes, Oka et al.

(2002) descreveram percentuais diferentes entre os grupos. Porém, St. John, Lunt e Smith (1991) relataram percentuais semelhantes em animais *Braford* e *Angus* (1,45%).

Segundo Feldman (2002), os ácidos graxos monoinsaturados têm efeitos na redução de doenças cardiovasculares por reduzirem as concentrações plasmáticas de *LDL* (lipoproteínas de baixa densidade), além de inibirem a agregação plaquetária. Bressan et al. (2011), avaliando a interação entre sistema de terminação x grupo genético na gordura intramuscular, observaram que o grupo genético *B.indicus* terminado com pastagem, apresentou percentual superior em relação aos animais *B. taurus* e semelhante entre os grupos genéticos terminados com grãos. Rossato et al. (2009), encontraram resultados contrários ao deste trabalho em relação ao grupo genético, onde os animais *B. taurus* apresentaram percentuais mais elevados que os animais *B. indicus*, esses resultados demonstram que uma grande variação entre esses ácidos em relação ao grupo genético. Huerta-Leidenz et al. (1993) e Malau Aduli et al. (1997), também observaram diferença significativa para o ácido C14:1 *cis*-9 e C16:1 *cis*-9 entre os grupos genéticos no tecido subcutâneo. Orellana et al. (2009), encontraram diferença significativa para o genótipo para o ácido graxo C16:1 *cis*-9 em bovinos *Criollo* e *Braford*.

Uma explicação plausível para os resultados pode estar relacionada à atividade da enzima Δ^9 dessaturase que adiciona uma dupla ligação no átomo de carbono nove na cadeia carbônica do ácido graxo, sendo a Δ^9 dessaturase, responsável pela conversão de ácidos graxos saturados em ácidos graxos monoinsaturados (MALAU- ADULI et al., 1997).

Para o Σ AGM, observa-se que, no presente estudo, foram encontradas diferenças significativas entre os grupos genéticos. Os animais *Nelore* apresentaram resultados mais elevados (41,54%) em relação aos animais *Nelore* x *Simental* (40,63%). Os AGM do tipo *cis*-9 são considerados benéficos à saúde

humana por reduzirem as concentrações de Lipoprotéina de baixa densidade (*LDL*) sem alteração nas concentrações de Lipoprotéina de alta densidade (*HDL*), semelhante aos AGP.

Oka et al. (2002) investigaram o efeito genético entre animais *Japanese Black Wagyu* alimentados com uma dieta de concentrado por 365 dias na composição de ácidos graxos da gordura da carcaça e encontraram diferenças entre grupos familiares para os totais de AGM. Os *Japanese Black* apresentaram percentagens (de 50,33% a 52,83%) de AGM mais elevadas, quando comparados aos animais do presente estudo e isso pode ter sido resultado da maior atividade da enzima Δ^9 dessaturase 18 nesses animais. Pitchford et al. (2002), avaliando o efeito genético de sete raças, relataram maiores percentuais de Σ AGM em animais *Jersey* e *Wagyu* (49,0%), quando comparados com *Angus*, *Hereford*, *South Devon*, *Limousin* e *Belgian Blue* (47,0%). Yang et al. (1999) também encontraram diferenças entre raças ao avaliarem animais japoneses (58,5%) e australianos (46,1%). Malau-Aduli et al. (1997) também descreveram diferenças entre raças para animais *Jersey* (49,3%) e *Limousin* (45,3%). Entretanto, Nuernberg et al. (2005) encontraram valores semelhantes de AGM em *Simental* (56,09%) e *Holstein* (54,45%), assim como Prado et al. (2003), com média de 42,28%.

Em termos gerais, para os AGM, os animais *Nelore* apresentaram carne de qualidade superior, pois apresentaram percentagens superiores de C14:1*cis*-9, C16:1*cis*-9 e Σ AGM. Curi et al. (2002) citam que dietas ricas em ácidos graxos monoinsaturados reduzem as concentrações plasmáticas de *LDL*, sem reduzir as concentrações de *HDL* e interferir no transporte reverso de colesterol para o fígado.

3.1.4 Ácidos graxos poli-insaturados

Os resultados médios e erro padrão para ácidos graxos poli-insaturados (AGP) do músculo *longissimus thoracis* de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 Ácidos graxos poli-insaturados¹ avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média(EPM²).

Variáveis	Grupos Genéticos				
	<i>Nelore</i> ⁴		<i>Nelore x Simental</i> ⁴		<i>PR</i> ³
C18:2 <i>n</i> -6	4,77	(0,197) ²	6,13	(0,212) ²	<0,01
C18:3 <i>n</i> -3	0,86	(0,032)	0,89	(0,034)	0,40
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,29	(0,011)	0,24	(0,012)	<0,05
C20:4 <i>n</i> -6	1,04	(0,055)	1,41	(0,059)	<0,01
C20:5 <i>n</i> -3	0,36	(0,019)	0,40	(0,020)	0,18
C22:5 <i>n</i> -3	0,85	(0,082)	0,82	(0,089)	0,81
∑AGP ⁵	8,17	(0,342)	9,89	(0,368)	<0,01
∑AGP <i>n</i> -3 ⁶	2,07	(0,115)	2,11	(0,124)	0,84
∑AGP <i>n</i> -6 ⁷	5,81	(0,262)	7,54	(0,282)	<0,01
∑Isômeros 18:2 ⁸	0,51	(0,022)	0,45	(0,024)	0,08
∑CLA + C18:1 <i>trans</i> -11 ⁹	1,90	(0,083)	1,93	(0,089)	0,79

¹ Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

² EPM – erro padrão da média;

³ Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

⁴ *Nelore* (n=67), *Nelore F1*(n=67);

⁵ ∑AGP = (C18:2 *n*-6 + C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);

⁶ ∑AGP *n*-3 = (C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);

⁷ ∑AGP *n*-6 = (C18:2*n*-6 + C20:4*n*-6);

⁸ ∑isômeros C18:2 não identificados;

⁹ ∑CLA + C18:1 *trans*-11 = (C18:2 *cis*-9, *trans*-11 + C18:1 *trans*-11).

Os animais *Nelore x Simental*, comparados aos *Nelore*, mostraram resultados: a) altos (P<0,05) de C18:2 *n*-6, C20:4 *n*-6, ∑AGP e ∑AGP *n*-6; b) baixos (P<0,05) C18:2 *cis*-9 *trans*-11; c) similares (P>0,05) de C18:3*n*-3, C20:5*n*-3, C22:5*n*-3, isômeros C18:2, AGP *n*-3 (Tabela 7).

Diferenças entre grupo genético para os AGP, também foram reportadas por Bartoñ et al. (2007), Rossato et al. (2009) e Yang et al. (1999). Os ácidos graxos poli-insaturados apresentam diversas ações na modulação de vias metabólicas que poderiam influenciar a colesterolemia, tais como: diminuição da produção hepática de Lipoprotéínas de muita baixa densidade (*VLDL*) precursora da *LDL* e aumento da fluidez das membranas.

Para o ácido C18:2*n*-6, os animais *Nelore* x *Simental* mostraram médias superiores. Yang et al. (1999) também apresentaram percentuais diferentes entre as raças dos animais japoneses (3,0%) e australianos (1,4%). Entretanto, Laborde et al. (2001) não encontraram diferenças significativas, com médias de 3,47%, assim como Rodrigues et al. (2004), com percentual médio de 5,40%.

Efeitos de raça também foram relatados para o ácido C18:2 cis-9, *trans*-11, por Garcia et al. (2008) e Latimori et al. (2007), com médias de 0,61% e 0,51%, em animais *Angus*; 0,69% e 0,57%, em animais Charolês x *Angus* e 0,73% e 0,58%, em animais *Holstein* argentino. Esse ácido possui propriedades anticarcinogênicas e antiaterogênicas. Dessa forma, animais *Nelore* apresentam carnes com qualidade nutricional superior por conterem maior percentual de *CLA*. Laborde et al. (2001), Metz et al. (2009) e Mir et al. (2002) não encontraram diferença nos valores de *CLA* na carne entre grupos genéticos de bovinos.

O ácido C20:4*n*-6 apresentou percentual superior nos animais *Nelore* x *Simental* em relação aos animais *Nelore*. Esse ácido graxo é o produto mais importante da via metabólica dos ácidos graxos da série *n*-6, pois é incorporado aos fosfolipídeos das membranas celulares para, posteriormente ser transformado em eicosanoides (prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos) que exercem importantes funções reguladoras. Nesse grupo de compostos existem eicosanoides “bons” e eicosanoides “maus”, sendo ambos necessários ao correto funcionamento do organismo. Os eicosanoides bons são anti-

inflamatórios e promovem a saúde e os maus são pró-inflamatórios e promovem a inflamação e a destruição dos tecidos. Sendo assim, até certa medida é indispensável uma determinada quantidade de eicosanoides pro-inflamatórios para proteger-nos contra organismos invasores como as bactérias, vírus e parasitas.

O Σ AGP mostrou que os músculos *longissimus thoracis* dos animais *Nelore* x *Simental* possuem os percentuais mais elevados, quando comparados com os animais *Nelore*. Pode-se observar, na Tabela 7, que a superioridade dos animais *Nelore* x *Simental* em relação aos animais *Nelore* para o Σ AGP foi devido à superioridade no percentual do C18:2n-6. Esses dados confirmam o efeito de raças sobre o Σ AGP, descrito por Rodrigues et al. (2004), em animais $\frac{1}{2}$ *Nelore* x *Sindi* (8,95%) e *Nelore* (7,27%); Laborde et al. (2001), em animais *Red Angus* (6,20%) e *Simental* (5,51%); Dinh (2006), em animais *Romosinuanos* (7,94%), *Brahman* (6,41%) e *Angus* (4,31%) e St. John, Lunt e Smith (1991), em animais *Angus* (6,0%) e *Braford* (4,6%).

O somatório Σ AGP n-6 foram superiores nos animais *Nelore* x *Simental* (7,54%) em relação aos animais *Nelore* (5,81%). Essa diferença pode ser devido os animais *Nelore* x *Simental* apresentarem percentuais superiores aos ácidos C18:2n-6 e C20:4n-6.

3.1.5 Índices nutricionais

Os resultados médios e erro padrão para os índices nutricionais do músculo *longissimus thoracis* de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 Índices nutricionais avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Grupos Genéticos				PR ²
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		
$n-6/n-3$ ⁴	2,81	(0,208) ¹	3,57	(0,224) ¹	0,06
P/S ⁵	0,16	(0,009)	0,18	(0,010)	<0,05
Índice aterogênico ⁶	0,63	(0,008)	0,60	(0,008)	<0,01

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

³ *Nelore* (n=67), *Nelore F1* (n=67);

⁴ $n-6/n-3 = (C18:2n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6)/(C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3)$;

⁵ P / S = total de ácidos graxos poli-insaturados/ total de ácidos graxos saturados;

⁶ Índice Aterogênico = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma AGS + \Sigma AGP)$.

Nos índices nutricionais, a relação $n-6/n-3$ foi semelhante ($P>0,05$) entre os grupos genéticos em estudo, e P/S foi superior ($P<0,05$) nos animais *Nelore x Simental* (Tabela 8). Isso, sob o aspecto nutricional, é benéfico para a saúde.

Analisando-se a relação P/S, observa-se que o músculo *longissimus dorsi* dos animais *Nelore x Simental* apresentou valores superiores (0,21), com o *Nelore* apresentado valores mais baixos (0,17). Porém, Laborde et al. (2001) e Rodrigues et al. (2004) não encontraram diferença entre as médias das raças estudadas, relatando médias gerais de 0,13% e 0,20%, respectivamente.

O índice de aterogenicidade foi superior nos animais *Nelore*, indicando que a carne desses animais apresenta maior risco de ocorrência de doenças cardiovasculares para o consumo humano.

3.1.6 Estimativas enzimáticas

Os resultados médios e erro padrão para as estimativas enzimáticas do músculo *longissimus thoracis* de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 Estimativas da ação enzimática avaliadas no músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Grupos Genéticos				PR ²
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		
Elongase ⁴	70,87	(0,486) ¹	69,33	(0,524) ¹	<0,05
Δ^9 Dessaturase geral ⁵	0,73	(0,010)	0,71	(0,011)	<0,01
Δ^9 Dessaturase (14) ⁶	13,47	(0,341)	12,01	(0,367)	<0,01
Δ^9 Dessaturase (16) ⁷	10,27	(0,148)	9,48	(0,159)	<0,01
Δ^9 Dessaturase (18) ⁸	62,35	(0,463)	62,73	(0,499)	0,57
Δ^9 Dessaturase <i>CLA/trans-11</i> ⁹	0,18	(0,007)	0,15	(0,008)	<0,01
C20:4n-6/C18:2n-6 ¹⁰	0,24	(0,009)	0,26	(0,010)	0,14
C20:5n-3/C18:3n-3 ¹¹	0,37	(0,035)	0,44	(0,037)	0,14
C22:5n-3/C18:3n-3 ¹²	0,88	(0,080)	0,96	(0,085)	0,48

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

³ *Nelore* (n=67), *Nelore F1*(n=67);

⁴ Elongase = (C18:0 + C18:1 *cis-9*)/(C16:0 + C16:1 *cis-9* + C18:0 + C18:1 *cis-9*);

⁵ Índice geral da atividade Δ^9 dessaturase= (C14:1 *cis-9* + C16:1 *cis-9* + C18:1 *cis-9* + C18:2 *cis-9, trans-11*) / (C14:0 + C16:0 + C18:0+ C18:1 *trans-11*);

⁶ Índice da atividade da dessaturase para C14= C14:1 *cis-9* / C14:0;

⁷ Índice da atividade da dessaturase para C16= C16:1 *cis-9* / C16:0;

⁸ Índice da atividade da dessaturase para C18= C18:1 *cis-9* / C18:0;

⁹ Δ^9 dessaturase *CLA/ trans-11*= C18:1 C18:2 *cis-9, trans-11/trans-11*;

¹⁰ Efeito combinado para dessaturação e alongação n-6 = C20:4n-6 / C18:2n-6;

¹¹ Efeito combinado para dessaturação e alongação n-3 = C20:5n-3/C18:3n-3;

¹² Efeito combinado para dessaturação e alongação n-3 C22:5n-3/C18:3n-3.

No conjunto das estimativas das ações enzimáticas, a atividade da elongase, Δ^9 dessaturase geral, Δ^9 dessaturase (14), Δ^9 dessaturase (16), Δ^9 dessaturase *CLA/trans-11* e índice aterogênico, forma superiores ($P < 0,05$) nos animais *Nelore* (70,87%, 0,73%, 13,47%, 10,27%, 0,18% e 0,63%) em relação aos animais *Nelore x Simental* (69,33%, 0,71%, 12,01%, 9,48%, 0,15% e 0,60%), respectivamente. Enquanto que para os efeitos combinados de alongação e dessaturação nos ácidos graxos da via metabólica n-6 e n-3 não houve efeito significativo entre grupo genético ($P > 0,05$), conforme observado na Tabela 9.

Estudos anteriores mostram que distintos grupos genéticos (BRESSAN et al., 2011; LABORDE et al., 2001; PITCHFORD et al., 2002; TANIGUCHI et al., 2004) e mesmo entre famílias do mesmo grupo genético (OKA et al., 2002) pode haver diferenças na atividade da Δ^9 dessaturase. Aparentemente, essas diferenças no perfil lipídico da gordura de deposição podem estar associadas aos mecanismos de controle de velocidade/quantidade dessas rotas metabólicas e que diferem *B. taurus* e *B. indicus* em decorrência dos processos evolutivos de adaptação às condições ambientais.

3.2 Efeito do sistema de terminação

3.2.1 Lipídeos totais e colesterol

Os resultados médios e respectivos erros padrões para lipídeos totais e colesterol do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 Lipídeos totais e colesterol avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Sistema de terminação				
	S. intensivo ³		S. extensivo ³		PS ²
Lipídios totais ⁴	2,39	(0,073) ¹	1,27	(0,126) ¹	
Colesterol (mg/100g)	39,74	(1,447)	34,63	(2,471)	0,11

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades –PS probabilidade para efeito de sistema de terminação;

³ Sistema intensivo(n=94) e sistema extensivo (n=40);

⁴ Lipídeos totais foi determinada segundo Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957).

Os lipídeos totais foram diferentes (P<0,01) entre os sistemas de terminação, demonstrando que animais terminados no sistema intensivo apresentaram percentuais mais elevados de lipídeos totais (Tabela 10).

Resultados semelhantes foram relatados por Nuernberg et al. (2005), Realini et al. (2004) e Yang et al. (2002). Nuernberg et al. (2005), em animais *Holstein* e *Simental* alimentados a pasto ou com concentrados, encontraram médias mais elevadas de lipídios totais (2,3% e 2,67%, respectivamente, para *Holstein* e 1,51% e 2,61%, respectivamente, para *Simental*) nos animais que ingeriram concentrados.

3.2.2 Ácidos graxos saturados

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os ácidos graxos saturados do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 Ácidos graxos saturados¹ avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Sistema de terminação				
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		PS ³
C12:0	0,10	(0,007) ²	0,18	(0,011) ²	<0,01
C14:0	3,17	(0,053)	2,60	(0,091)	<0,01
C15:0	0,29	(0,008)	0,49	(0,014)	<0,01
C16:0	25,10	(0,140)	23,88	(0,241)	<0,01
C17:0	0,90	(0,013)	0,95	(0,023)	0,08
C18:0	19,36	(0,198)	16,64	(0,341)	<0,01
∑AGS ⁵	48,92	(0,278)	44,74	(0,480)	<0,01
∑AGS ind – C18 ⁶	28,37	(0,182)	26,67	(0,314)	<0,01

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades –PS probabilidade para efeito de sistema de terminação;

⁴Sistema intensivo(n=94) e sistema extensivo (n=40);

⁵∑AGS = (C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0);

⁶∑AGS ind – C18 = (C12:0 + C14:0 + C16:0).

Com exceção do C17:0, com médias similares entre sistemas (P>0,05), os demais AGS individuais foram afetados pelos sistemas de terminação (P<0,05)

(tabela 9). Médias altas de C14:0, C16:0 e somatório dos AGS implicados na saúde humana (\sum AGS ind - C18:0) foram obtidas nas amostras do sistema intensivo, e de C12:0 e C15:0, nas amostras do sistema extensivo (Tabela 11).

O sistema de terminação/dieta mostrou grande impacto na deposição de lipídeos totais e concentração de AGS e AGP (DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004) em relação à atividade das enzimas, envolvida na síntese de ácidos graxos, tal como Δ^9 dessaturase (AGS que se converte em *cis*-9 AGM), elongase (que converte C16:0 em C18:0) e Δ^4 , Δ^5 e Δ^6 dessaturase (que convertem AGP C18 em C20 e C22) (BRESSAN et al., 2011; MALAU-ADULI et al., 1998; WARREN et al., 2008; WOOD et al., 2008).

O efeito do sistema de terminação e grupos genéticos nos resultados de C14:0 são contraditórios: as médias tendem a aumentar conforme o aumento de grãos na dieta (GARCIA et al., 2008; MARINO et al., 2006; REALINE et al., 2004), enquanto o contrário também é reportado (BRESSAN et al., 2011; ERIKSSON; PICKOVA, 2007; WARREN et al., 2008). O C12:0 e C14:0, em geral não são afetados pelos grupos genéticos (SAMI et al., 2006). Enquanto altas taxas de C16:0 são relatadas em carnes oriundas de animais do sistema intensivo (NUERNBERG et al., 2005; VARELA et al., 2004), possivelmente resultado de balanço positivo no equilíbrio energético metabólico.

Resultados mais elevados de C14:0 e C16:0 nos animais que foram terminados no sistema intensivo mostram que, devido ao efeito hipercolesterolêmico associado a esses, a carne apresenta qualidade nutricional inferior, com vistas ao perfil de AGS, quando comparada a dos animais terminados no sistema extensivo.

No somatório dos AGS, no presente estudo, foi encontrada diferença ($P < 0,01$) entre os sistemas (Tabela 11). Esses resultados confirmam os achados de Rule et al. (2002) que relatam médias de 41,7% e 44,0% para animais terminados a pasto e confinados, respectivamente e de Yang et al. (1999), em

tecido adiposo subcutâneo, com médias de 42,8% e 49,2% em animais terminados com gramíneas e com concentrado à base de sorgo e algodão, respectivamente.

3.2.3 Ácidos graxos monoinsaturados

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os ácidos graxos monoinsaturados do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 Ácidos graxos monoinsaturados¹ avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Sistema de terminação			PS ³	
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		
C14:1 <i>cis</i> -9	0,42	(0,016) ²	0,43	(0,027) ²	0,79
C16:1 <i>cis</i> -7	0,15	(0,007)	0,37	(0,011)	<0,01
C16:1 <i>cis</i> -9	2,47	(0,039)	2,91	(0,068)	<0,01
C17:1 <i>cis</i> -9	0,49	(0,010)	0,72	(0,018)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -9	27,89	(0,290)	32,47	(0,501)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -11	4,20	(0,175)	1,28	(0,302)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -12	1,03	(0,017)	0,10	(0,029)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -13	0,34	(0,008)	0,15	(0,014)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -6,7,8 ⁵	0,19	(0,013)	0,18	(0,022)	0,75
C18:1 <i>trans</i> -9	0,25	(0,021)	0,16	(0,037)	0,06
C18:1 <i>trans</i> -10	1,58	(0,053)	0,07	(0,091)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -11	1,85	(0,068)	1,45	(0,117)	<0,05
C18:1 <i>trans</i> -12	0,24	(0,011)	0,23	(0,019)	0,78
C18:1 <i>trans</i> -16 <i>cis</i> -14	0,24	(0,008)	0,19	(0,014)	<0,01
C20:1 <i>cis</i> -11	0,05	(0,012)	0,08	(0,022)	0,22

“continua”

Tabela 12 “conclusão”

Variáveis	Sistema de terminação				
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		PS ³
\sum AGM ⁶	41,40	(0,255)	40,85	(0,439)	0,33
\sum AGM <i>cis</i> -9 ⁷	31,26	(0,309)	36,50	(0,533)	<0,01
\sum AGM <i>trans</i> ⁸	4,44	(0,094)	2,28	(0,161)	<0,01

¹ Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

² EPM – erro padrão da média;

³ Probabilidades –PS probabilidade para efeito de sistema de terminação;

⁴ Sistema intensivo(n=94) e sistema extensivo (n=40);

⁵ \sum dos AG C18:1 *trans* 6 , C18:1 *trans* 7 , C18:1 *trans* 8;

⁶ \sum AGM= (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-7 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11+C18:1 *trans*-12 + C18:1 *cis*-9+ C18:1 *cis*-11 + C18:1 *cis*-12 + C18:1 *cis*-13 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14 + C20:1 *cis*-11);

⁷ \sum AGM *cis*-9 = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9);

⁸ \sum AGM *trans* = (C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14).

Nos AGM, com exceção de C14:1 *cis*-9, C18:1 *trans*-6,7,8, C18:1 *trans*-9, C18:1 *trans*-12 e C20:1 *cis*-11, todos foram influenciados (P<0,05) pelo sistema de terminação. Amostras oriundas de animais do sistema extensivo apresentaram médias altas de C16:1 *cis*-7, C16:1 *cis*-9, C17:1 *cis*-9, C18:1 *cis*-9, e \sum AGM *cis*-9. Enquanto, médias de C18:1 *cis*-11, C18:1 *cis*-13, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11 e \sum AGM *trans* foram superiores em amostras oriundas de animais do sistema intensivo (Tabela 12).

Os animais terminados no sistema intensivo apresentaram redução do C18:1 *cis*-9 (oleico) em relação aos animais terminados no sistema extensivo. As diferenças observadas podem ser justificadas pela presença do ácido estercúlico encontrado no caroço de algodão, que tem capacidade de deprimir a atividade de dessaturação da enzima Δ^9 dessaturase. O potencial do ácido estercúlico em inibir a atividade dessa enzima está bem estabelecido na literatura (CORL et al., 1999; YANG et al., 1999). Além disso, a dietas com caroço de algodão, pode ter colaborado para o aumento do tempo de retenção da digesta

no rúmen e, com isso os ácidos graxos insaturados da dieta poderiam ser expostos à biohidrogenação ruminal por um maior período de tempo.

Os ácidos graxos *trans*, em geral, em alimentos são associados a efeitos negativos na saúde e ao incremento de riscos para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (MENSINK; ZOCK, 1998).

Entretanto, os isômeros do AGM *trans*, produzidos pelos microrganismos do rúmen o ácido graxo C18:1 *trans*-11 pode ser dessaturado em humanos, originando o CLA (C18:2 *cis*-9 *trans*-11), semelhante ao encontrado em abundância em bovinos (NUERNBERG et al., 2005; TURPEINEN et al., 2002). Segundo Fritsche e Steinhart (1997), cerca de 60% dos isômeros C18:1 *trans* da carne e leite de ruminantes se referem ao ácido C18:1 *trans*-11.

3.2.4 Ácidos graxos poli-insaturados

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os ácidos graxos poli-insaturados do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 Ácidos graxos poli-insaturados¹ avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Sistema de terminação				PS ³
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		
C18:2 <i>n</i> -6	6,39	(0,167) ²	4,51	(0,287) ²	<0,01
C18:3 <i>n</i> -3	0,48	(0,027)	1,27	(0,046)	<0,01
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,21	(0,009)	0,32	(0,016)	<0,01
C20:4 <i>n</i> -6	0,76	(0,047)	1,68	(0,080)	<0,01
C20:5 <i>n</i> -3	0,13	(0,016)	0,63	(0,027)	<0,01
C22:5 <i>n</i> -3	0,33	(0,070)	1,34	(0,120)	<0,01
∑AGP ⁵	8,03	(0,289)	9,75	(0,499)	<0,01
∑AGP <i>n</i> -3 ⁶	0,94	(0,098)	3,24	(0,168)	<0,01

“continua”

Tabela 13 “conclusão”

Variáveis	Sistema de terminação				
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		PS ³
\sum AGP <i>n</i> -6 ⁷	7,15	(0,222)	6,19	(0,382)	
\sum Isômeros 18:2 ⁸	0,28	(0,019)	0,68	(0,032)	<0,01
\sum CLA + C18:1 <i>trans</i> -11 ⁹	2,06	(0,070)	1,77	(0,121)	0,07

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – PS probabilidade para efeito de sistema de terminação;

⁴Sistema intensivo(n=94) e sistema extensivo (n=40);

⁵ \sum AGP = (C18:2*n*-6 + C20:4*n*-6 + C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);

⁶ \sum AGP *n*-3 =(C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);

⁷ \sum AGP *n*-6 = (C18:2*n*-6 + C20:4*n*-6);

⁸ \sum isômeros C18:2 não identificados;

⁹ \sum CLA + C18:1 *trans*-11 = (C18:2 *cis*-9, *trans*-11 + C18:1 *trans*-11).

Os sistemas de terminação afetaram (P<0,05) todos os AGP individuais. Com exceção do C18:2 *n*-6, superior no grupo de animais do sistema intensivo, todos os demais AGP, \sum AGP *n*-3 e \sum isômeros C18:2 foram superiores no sistema extensivo (Tabela 13).

A média do C18:2*n*-6 foi maior nos animais terminados no sistema intensivo. Os grãos apresentaram elevados teores de C18:2*n*-6 (SCOLLAN et al., 2001), as gramíneas fornecem maiores quantidades de AGPs, refletindo nos teores desses ácidos graxos. Sami et al. (2006) não encontraram diferenças significativas para o ácido C18:2*n*-6 entre as dietas estudadas.

No presente trabalho, os baixos valores dos ácidos graxos de cadeia longa sintetizados a partir de C18:2*n*-6 ou C18:3*n*-3 encontrados nas amostras dos animais do sistema intensivo demonstram uma baixa capacidade para alongar/dessaturar os ácidos graxos da série *n*-6 ou *n*-3. Aparentemente esses resultados são confirmados pelas baixas estimativas de dessaturação/elongação dos AGP *n*-6 e *n*-3. Em geral, os compostos dietéticos, hormonais, ou compostos da via metabólica agem regulando a velocidade/fluxo da biossíntese (BÉZARD et al., 1994). Contudo, existem relatos do efeito dos ácidos ciclopropenoides

relativo à inibição da atividade/expressão da enzimas Δ^5 e Δ^6 dessaturase em fígados de ratos (CAO; BLOND; BEZARD, 1993).

Em geral, o ácido graxo C18:2 *cis-9 trans-11* (CLA) encontrado na carne de ruminantes é oriundo da hidrogenação parcial de AGP no rúmen (BAUMAN; GRIINARI, 2001) ou conversão do C18:1, *trans-11* em C18:2 *cis-9 trans-11*, através da enzima Δ^9 dessaturase (GRIINARI et al., 2000; NUERNBERG et al., 2005; TURPEINEN et al., 2002). Altas concentrações de C18:2n-6 na dieta inibem o último passo da biohidrogenação (conversão do C18:1, *trans-11* em C18:0), permitindo o acúmulo de C18:1, *trans-11* no rúmen, que pode ser convertido em C18:2 *cis-9, trans-11* no tecido adiposo. Por outro lado, quando os ácidos graxos intermediários da biohidrogenação escapam do rúmen e são absorvidos, ocorre uma sinalização para o decréscimo da expressão das enzimas lipogênica e, uma conseqüente redução na síntese de gorduras (BAUMAN et al., 2003). Dos isômeros de CLA, o C18:1 *cis-9 trans-11* corresponde a 80-90% do total de CLA em produtos oriundos de ruminantes. Assim, maiores quantidades de C18:1 *trans-11* e AGM *trans*, eram esperadas no sistema intensivo. Esses resultados estão de acordo com os achados da literatura. Contudo, o C18:2 *cis-9 trans-11* foi superior no sistema extensivo. Como parte do total de C18:2 *cis-9 trans-11* é de origem endógeno (Δ^9 dessaturase), é possível que as diferenças nas quantidades finais de CLA seja decorrente de diferenças na expressão da atividade da Δ^9 dessaturase (PAGE et al., 1997; YANG et al., 1999).

Altas concentrações de C18:2 *cis-9 trans-11* em carnes de animais do sistema extensivo eram esperadas. Nesse sistema, as taxas de C18:2 *cis-9 trans-11* podem atingir até 400% a mais do que aquelas verificadas em carnes de animais, cuja dietas são ricas em grãos (POULSON et al., 2004). Além de ser formado no rúmen pela biohidrogenação incompleta, o CLA é sintetizado de forma endógena, pela dessaturação do C18:1 *trans-11* (Δ^9 dessaturase) no tecido

adiposo (KAY et al., 2004; LADEIRA; OLIVEIRA, 2007). A via endógena é responsável por 86% do *CLA* existente na gordura intramuscular (BAUMAN et al., 1999; GILLIS et al., 2003).

Em geral, o *CLA* na gordura de deposição pode ser aumentado pelo uso na dieta de ingredientes ricos em C18:2n-6 e maior proporção de forragens (FRENCH et al., 2000; GRIINARI et al., 1998; GRIINARI; BAUMAN, 1999; MIR et al., 2002). Por outro lado, a biohidrogenação pode ser inibida pela presença de altas quantidades de concentrado na dieta (KUCUK et al., 2001; LOOR et al., 2004), que reduz o pH e a lipólise (DOREAU; FERLAY, 1994), um pré-requisito para a biohidrogenação (LATHAM; STORRY; SHARPE, 1972). Diferenças entre grupos genéticos na deposição de C18:2 *cis-9 trans-11* foi relatada por Nuernberg et al. (2005). Em geral, um maior acúmulo de C18:2 *cis-9 trans-11* em produtos de ruminantes resulta de dietas ricas em forragens verdes (2 a 3 vezes mais *CLA*), enquanto o C18:1 *trans-11* pode ser encontrado em dietas à base de grãos.

Comparando animais terminados no sistema extensivo e sistema intensivo, pode-se verificar que, no músculo *longissimus dorsi*, os animais alimentados no sistema extensivo apresentaram não apenas maiores teores Σ AGP e menores Σ AGP, mas também maiores valores da relação P/S. Ruleet al. (2002) descrevem resultados de 9,53% para os animais terminados no sistema extensivo e 5,04% nos terminados no sistema intensivo, na relação P/S, observaram valores de 0,23% e 0,12%.

3.2.5 Índices nutricionais

Os resultados médios e erro padrão para os índices nutricionais do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 Índices nutricionais avaliados no músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Sistema de terminação				PS ³
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		
$n-6/n-3$ ⁴	7,68	(0,176) ¹	1,92	(0,303) ¹	<0,01
P/S ⁵	0,17	(0,008)	0,22	(0,014)	<0,01
Índice aterogênico ⁶	0,65	(0,006)	0,59	(0,011)	<0,01

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

³ Sistema intensivo(n=94) e sistema extensivo (n=40);

⁴ $n-6/n-3 = (C18:2n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6)/(C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3)$;

⁵ P / S = total de ácidos graxos poli-insaturados/ total de ácidos graxos saturados;

⁶ Índice Aterogênico = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma AGS + \Sigma AGP)$.

Para os índices nutricionais, houve efeito significativo ($P < 0,05$) para o efeito do sistema de terminação, conforme observado na Tabela 14.

As relações P/S e $n-6/n-3$ são índices largamente utilizados para avaliar o valor nutricional de gorduras para consumo humano. Segundo Curi et al. (2002), um aumento na quantidade de ácido linoleico eleva a razão de $n-6/n-3$, o que representa grande risco para alguns tipos de câncer.

A relação P/S é usada para calcular o fator de risco relacionado ao colesterol sérico e são recomendados valores abaixo de 0,45 (BRITISH DEPARTMENT OF HEALTH, 1994). Nesse cálculo, o C18:0 é considerado um AGS, com peso em termos de importância similar ao C14:0. Contudo, o C18:0 não apresenta impacto no colesterol sérico (WILLIAMSON et al., 2005; YU et al., 1995), enquanto o C14:0 é considerado o ácido graxo mais hipercolesterolêmico (KATAN; MENSINK, 1993). A relação $n-6/n-3$ (índice associado a riscos/proteção cardiovascular e formação de ateromas) (THIES et al., 2003) é mais influenciada pelo sistema de terminação/dieta do que pelo fator genético, pois envolve o aporte de C18:3n-3 associado às forragens verdes frescas (DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004; ERIKSSON; PICKOVA, 2007). Em geral, carne de ruminantes que consomem mais gramíneas/leguminosas são

consideradas mais saudáveis, do que aquelas oriundas de animais de sistema intensivo. Em contrapartida, a relação P/S aumenta linearmente conforme aumenta o consumo de forragens na dieta (FRENCH et al., 2000), justificado pelo maior aporte de poli-insaturados da dieta.

O índice de aterogenicidade foi menor ($P < 0,05$) em animais terminados no sistema extensivo do que no sistema intensivo. Esse resultado sugere mais uma vez que a carne de animais terminados a pasto apresenta menor risco de doença cardiovascular para a saúde dos consumidores.

3.2.6 Estimativas enzimáticas

Os resultados médios e erro padrão para as estimativas enzimáticas do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 Estimativas da ação enzimática avaliadas no músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Sistema de terminação				PS ²
	S. intensivo ³		S. extensivo ³		
Elongase ⁴	70,18	(0,412) ¹	70,01	(0,710) ¹	0,85
Δ^9 Dessaturase geral ⁵	0,62	(0,008)	0,81	(0,015)	<0,01
Δ^9 Dessaturase (14) ⁶	11,52	(0,288)	13,96	(0,497)	<0,01
Δ^9 Dessaturase (16) ⁷	8,92	(0,125)	10,83	(0,216)	<0,01
Δ^9 Dessaturase (18) ⁸	58,99	(0,392)	66,09	(0,676)	<0,01
Δ^9 Dessaturase CLA/trans-11 ⁹	0,13	(0,006)	0,22	(0,011)	<0,01
C20:4n-6/C18:2n-6 ¹⁰	0,11	(0,008)	0,38	(0,014)	<0,01

“continua”

Tabela 15 “conclusão”

Variáveis	Sistema de terminação				PS ²
	S. intensivo ³		S. extensivo ³		
C20:5n-3/C18:3n-3 ¹¹	0,30	(0,029)	0,51	(0,050)	<0,01
C22:5n-3/C18:3n-3 ¹²	0,75	(0,068)	1,08	(0,116)	<0,05

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

³ Sistema intensivo(n=94) e sistema extensivo (n=40);

⁴ Elongase = (C18:0 + C18:1 *cis*-9)/(C16:0 + C16:1 *cis*-9 + C18:0 + C18:1 *cis*-9);

⁵ Índice geral da atividade Δ^9 dessaturase= (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9 + C18:2 *cis*-9, *trans*-11) / (C14:0 + C16:0 + C18:0+ C18:1 *trans*-11);

⁶ Índice da atividade da dessaturase para C14= C14:1 *cis*-9 / C14:0;

⁷ Índice da atividade da dessaturase para C16= C16:1 *cis*-9 / C16:0;

⁸ Índice da atividade da dessaturase para C18= C18:1 *cis*-9 / C18:0;

⁹ Δ^9 dessaturase *CLA/trans*-11= C18:1 C18:2 *cis*-9, *trans*-11/*trans*-11;

¹⁰ Efeito combinado para dessaturação e alongação *n*-6 = C20:4n-6 / C18:2n-6;

¹¹ Efeito combinado para dessaturação e alongação *n*-3 = C20:5n-3/C18:3n-3;

¹² Efeito combinado para dessaturação e alongação *n*-3 C22:5n-3/C18:3n-3.

O sistema intensivo apresentou percentuais mais baixo para Δ^9 dessaturase (C14) , Δ^9 dessaturase (C16), Δ^9 dessaturase (C18) e Δ^9 dessaturase *CLA/trans*-11 (11,52%, 8,92% 58,99% e 0,13%), respectivamente, do que os sistema extensivo (13,96%, 10,83% , 66,09% e 0,22%) (Tabela 15), esse resultado pode ser devido aos animais do sistema intensivo, continham na sua dieta caroço de algodão que contém o ácido estercúlico, que atua inibindo a atividade da Δ^9 dessaturase, deixando assim o perfil lipídico dos animais no sistema intensivo mais saturado do que os animais do sistema extensivo, apresentando percentuais mais alto do ácido C14:0 (ácido mirístico) e consequentemente um perfil lipídico menos favorável nutricionalmente.

Yang et al. (1999) trabalhando com animais 1/2 sangue *Angus*, alimentados exclusivamente a pasto ou em confinamento, com dieta contendo 5% de caroço de algodão, observaram alterações no perfil de ácidos graxos, com maior saturação na gordura dos animais confinados em relação aos animais em pastejo. As avaliações foram feitas no tecido adiposo subcutâneo dos animais, na porção correspondente ao músculo *longissimus thoracis*. Animais a pasto

apresentaram maior quantidade total de ácidos graxos insaturados e menor quantidade total de saturados, resultando em uma maior relação insaturados/saturados.

3.3 Interações entre grupo genético e sistemas de terminação

3.3.1 Lipídeos totais, C17:0, C18:0 e Σ AGS

No sistema intensivo, os animais *Nelore* apresentaram médias superiores de lipídeos totais, C17:0, C18:0 e Σ AGS em relação aos animais *Nelore* x *Simental* ($P < 0,05$), os animais terminados no sistema extensivo apresentaram comportamento de médias semelhantes ($P > 0,05$), conforme observado na Figura 1, 2, 3 e 4.

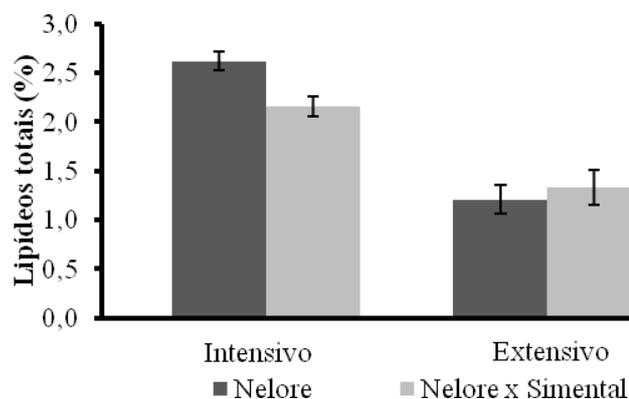


Figura 1 Lipídeos totais (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,55$

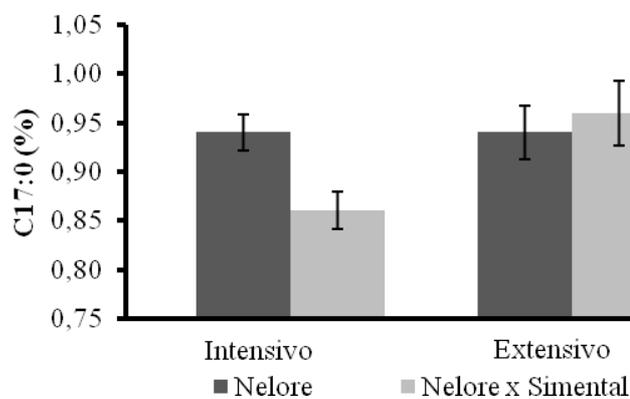


Figura 2 Ácido graxo C17:0 (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,73$

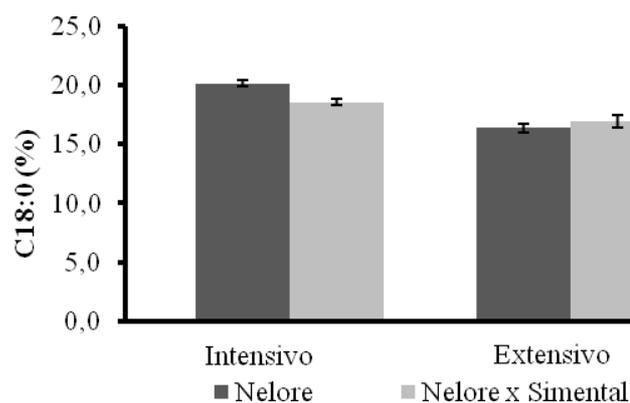


Figura 3 Ácido graxo C18:0 (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,33$

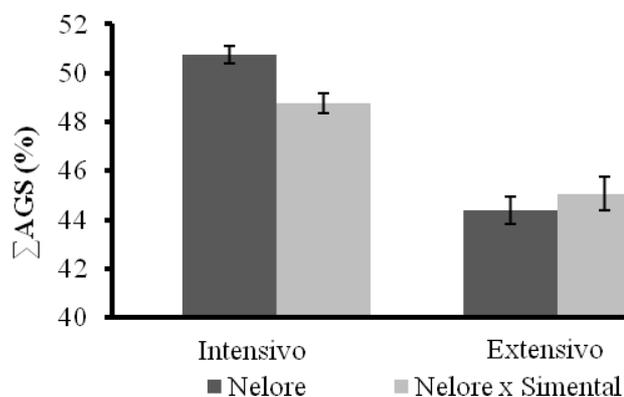


Figura 4 Somatório AGS (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,63$

Animais de ambos grupos genéticos, terminados no sistema intensivo, apresentaram médias superiores de lipídeos totais comparados aos animais do sistema extensivo. Por outro lado, no sistema extensivo, os resultados de lipídeos totais, dos ácidos C17:0, C18:0 e Σ AGS entre os animais *Nelore* e *Nelore x Simental* foram similares. Esses dados demonstram que, em condições similares de terminação intensiva, os animais *Nelore* mostram maior capacidade para a deposição de lipídeos totais, dos ácidos C17:0, C18:0 e Σ AGS.

Os animais *Nelore* terminados no sistema intensivo apresentaram maiores quantidades de gordura intramuscular, C17:0, C18:0 e Σ AGS. Maior quantidade de lipídeos totais era esperada em carne de bovinos do sistema intensivo, justificada pelo maior aporte de energia da dieta (BRESSAN et al., 2011; FRENCH et al., 2000; REALINE et al., 2004; SMITH et al., 2009; WOOD et al., 2008) em animais do grupo genético *B. indicus*, em razão da demanda energética de manutenção ser 20% inferior, comparada a *B. taurus* (KVAME; BRENØE; VANGEN, 2006; PATLE; MUDGAL, 1975; PAULINO et al., 1999).

Por outro lado, altas taxas de AGS e C18:0 não eram esperadas em bovinos do sistema intensivo. Em geral, dietas ricas em energia aumentam a concentração sérica de insulina, que incrementam a atividade da Δ^9 dessaturase (DANIEL et al., 2004; SMITH et al., 2009), e determinam deposições elevadas de C18:1 *cis*-9 em animais do sistema intensivo (DALEY et al., 2010; SMITH et al., 2009). A concentração de AGS relativa ao total de insaturados aumenta conforme a taxa de lipídeos totais, e acima de uma determinada taxa, essa relação declina (WOOD et al., 2003). Em geral, as taxas de deposição de AGS e C18:0 são associadas à fase de maturação fisiológica do animal, e animais em maturidade fisiológica mostram redução na quantidade de AGS e aumento de AGM *cis*-9 (CUNDIFF; KOCK; GREGORY, 1998; SMITH et al., 2009). Nas gorduras de deposição a origem do C18:0 pode ser: a) biohidrogenação ruminal, em que o C18:0 é o primeiro ácido graxo disponível para absorção no trato digestório (CHANG; LUNT; SMITH, 1992); ou b) metabolismo “de novo” a partir do complexo ácido graxo sintetase, seguido de alongação (OOSTERVEER et al., 2009); ou c) baixa conversão de C18:0 em C18:1 *cis*-9, determinada por baixa atividade/expressão da Δ^9 dessaturase (PALMQUIST et al., 2009).

No presente trabalho, as altas quantidades de C18:0 e AGS no sistema intensivo possivelmente resulte da depressão na atividade/expressão da Δ^9 dessaturase, desencadeada por ácidos ciclopropenoides presentes no caroço de algodão (JOHNSON et al., 1967; MEYERS; THRONEBERRY, 1966; PAGE et al., 1997; YANG et al., 1999), um ingrediente da dieta usado neste trabalho. O efeito de depressão na atividade da Δ^9 dessaturase é também sugerido pelos resultados dos cálculos grosseiros das estimativas que considera a relação produto/substrato (KAZALA et al., 1999). Em geral, altas taxas de ingestão de AGP e CLA também são associadas à inibição da Δ^9 dessaturase (DALEY et al., 2010; PALMQUIST et al., 2009).

3.3.2 C18:1 *cis*-12 e C18:1 *trans*-16, *cis*-14

No sistema intensivo, os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram médias superiores do ácidos C18:1 *cis*-12 em relação aos animais *Nelore* que apresentaram médias superiores do ácido C18:1 *trans*-16 *cis*-14 ($P < 0,05$). Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram médias semelhantes entre os grupos genéticos estudados ($P > 0,05$) (Figura 5 e 6).

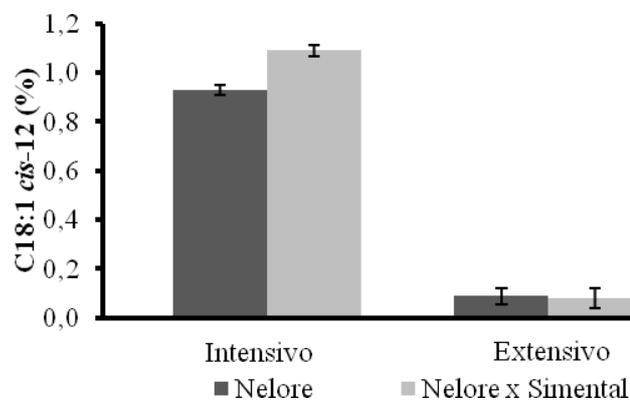


Figura 5 Ácido graxo C18:1 *cis*-12 (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,86$

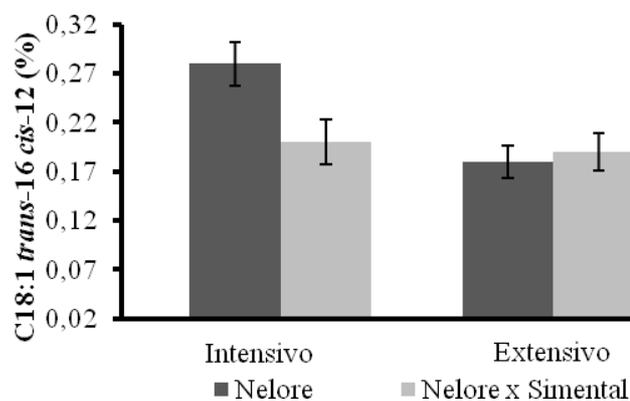


Figura 6 Ácido graxo C18:1 *trans*-16 *cis*-12 (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,70$

3.3.3 Σ AGP e Σ AGP *n*-6

No sistema intensivo, os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram médias superiores do Σ AGP e Σ AGP *n*-6 em relação aos animais *Nelore* ($P < 0,05$). Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram médias semelhantes entre os grupos genéticos estudados ($P > 0,05$) (Figura 7 e 8).

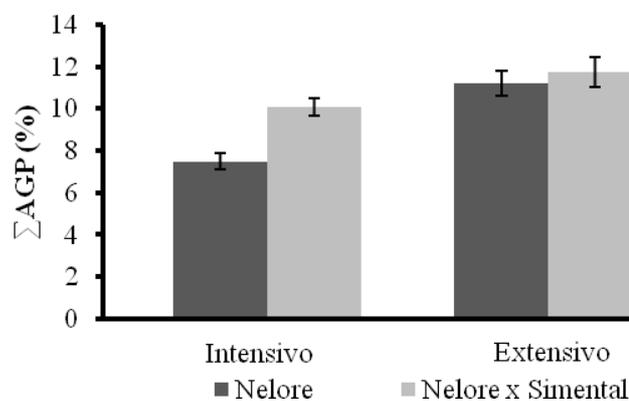


Figura 7 Somatório de AGP (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0.01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,52$

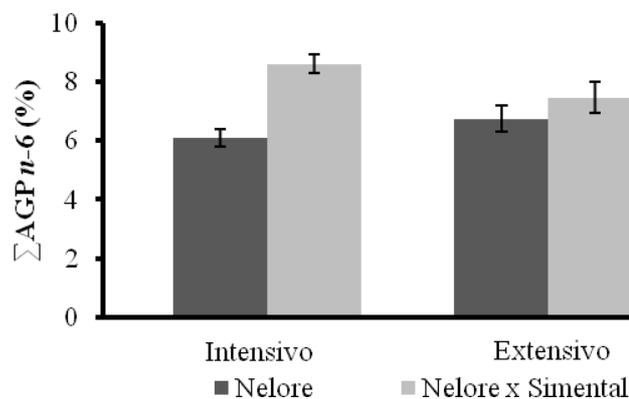


Figura 8 Somatório de AGP $n-6$ (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0.01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,26$

Como os mamíferos não sintetizam os precursores dos AGPs $n-6$ e $n-3$, os ácidos graxos $C18:2n-6$ e $C18:3n-3$ são oriundos exclusivamente da dieta. Em geral, a fração lipídica de forragens se caracteriza por apresentar altas concentrações de $C18:3n-3$, superior a 50%, e os grãos, altas concentrações de

C18:2*n*-6, superior a 65% (BOUFAIED et al., 2003; MORAND-FEHR; TRAN, 2001). Contudo, em ruminantes, 80% de C18:2 *n*-6 e 92% de C18:3 *n*-3 dietético são biohidrogenados no rúmen (BAUMAN et al., 2003; BAUMAN; GRIINARI, 2001; FELLNER; KRAMER, 1995; FERLAY et al., 1993; JENKINS, 1993). No presente trabalho, as proporções de C18:3*n*-3 e C18:2*n*-6 encontradas na fração lipídica da carne, resulta do sistema de terminação, confirmam as premissas clássicas. Contudo, altas quantidades de AGP *n*-6 em carnes de animais *Nelore* x *Simental*, comparado aos animais *Nelore*, podem refletir a existência de elevada heterose na proporção de C18:2*n*-6. Conforme estimado por Gama et al. (2013), a heterose em animais *B. taurus* e *B. indicus*, terminados em sistema intensivo, resulta em aumento de 50% na proporção de C18:2*n*-6. Por outro lado, no sistema extensivo, Bressan et al. (2011) descrevem diferenças entre *B. taurus* e *B. indicus* nas proporções de AGP e ácidos graxos *trans* justificados por diferenças na capacidade de biohidrogenação ruminal entre *B. taurus* e *B. indicus*, decorrentes das diferenças fisiológicas relacionadas ao trato digestório (MENEZES et al., 2007; SOLIS et al., 1988).

Os ácidos graxos C18:2*n*-6 ou C18:3*n*-3, bem como os produtos metabólicos dessa via, podem seguir dois caminhos: dessaturação (dessaturação e alongação) ou deposição (esterificação) (EMKENA et al., 1992). Na dessaturação, as enzimas dessaturase (Δ^5 e Δ^6 dessaturase) e elongase produzem os AGP de cadeia longa (SPRECHER, 2000). Nessa via metabólica, os ácidos graxos da série *n*-6 e *n*-3 competem pela Δ^5 e Δ^6 dessaturase, embora, em mamíferos, haja maior afinidade pelos *n*-3 (CHAPKIN, 2008; PARKER-BARNES et al., 2000). Adicionalmente, os ácidos graxos *trans* também fazem competição pela Δ^5 e Δ^6 dessaturase (ROSENTHAL; DOLORESCO, 1984; ROSENTHAL; WHITEHURST, 1983). Na deposição, esses ácidos graxos livres são esterificados, e como fosfolipídios são incorporados nas membranas celulares e, mais tarde, transformados em eicosanoides (prostaglandinas,

tromboxanos e leucotrienos) com funções reguladoras. Na série $n-6$, o C20:4 $n-6$ é associado a processos inflamatórios. Em geral, os AGP de cadeia longa e as proporções de deposição determinam a fluidez das membranas celulares (NAKAMURA; NARA, 2004).

No presente trabalho, os baixos valores dos ácidos graxos de cadeia longa sintetizados a partir de C18:2 $n-6$ ou C18:3 $n-3$ encontrados nas amostras dos animais do sistema intensivo demonstram uma baixa capacidade para alongar/dessaturar os ácidos graxos da série $n-6$ ou $n-3$. Existem relatos do efeito dos ácidos ciclopropenoides relativo à inibição da atividade/expressão da enzimas Δ^5 e Δ^6 dessaturase em fígados de ratos (CAO; BLOND; BEZARD, 1993).

3.3.4 Δ^9 Dessaturase (C18)

No sistema intensivo, os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram médias superiores da estimativa Δ^9 Dessaturase (C18) em relação aos animais ($P < 0,05$) *Nelore*. Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram médias semelhantes entre os grupos genéticos estudados ($P > 0,05$) (Figura 9).

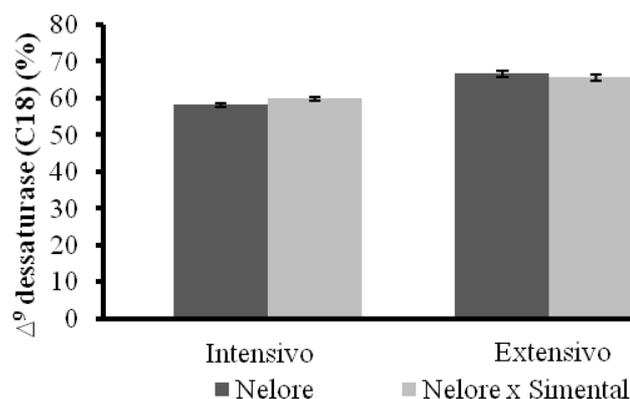


Figura 9 Estimativa da Δ^9 dessaturase (C18) (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,38$

Pitchford et al. (2002), estudando diferentes grupos de animais, encontraram, para o único grupo alimentado apenas por pastagem, o menor índice de dessaturase 18. Garcia et al. (2008) relataram valores de 75,16% nos animais confinados e 70,31% nos animais alimentados exclusivamente de pastagens, superiores aos encontrados neste trabalho. Pitchford et al. (2002) destacaram maiores índices Δ^9 dessaturase (18) nos animais *Jersey* e *Wagyu* (76,1% e 75,4%). Diferenças entre genótipos quanto à expressão dessa enzima foram reportadas por Taniguchi et al. (2004). Entretanto, Laborde et al. (2001) não relataram diferença significativa entre as raças, revelando média de 76,13%.

3.3.5 Elongase

Os animais *Nelore* terminados no sistema intensivo, mostraram média de elongase mais elevada (72,00%) do que animais *Nelore x Simental* (68,37%). Os

animais terminados no sistema extensivo apresentarm médias similares entre os grupos genéticos (Figura 10).

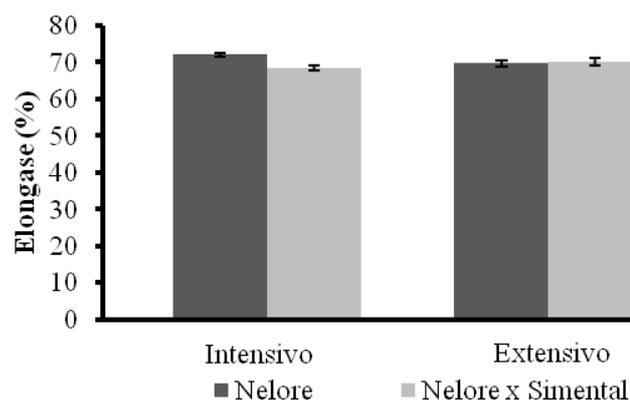


Figura 10 Elongase (expresso com média e erro padrão) no músculo *longissimus thoracis* de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,64$

Pitchford et al. (2002), relataram maior índice de elongase para o grupo de animais terminados com pastagem (67,0%). Barton et al. (2007) relatam que uma explicação plausível para as diferenças na composição dos ácidos graxos podem ser as diferentes atividades de enzimas envolvidas na síntese e modificação dos ácidos graxos.

4 CONCLUSÃO

A carne oriunda de bovinos do sistema extensivo apresenta maior qualidade, com vistas ao perfil de ácidos graxos e suas consequências na saúde humana, do que a carne de animais do sistema intensivo, pois possuem maiores teores de ácidos graxos poli-insaturados, ácidos graxos poli-insaturados $n-3$, *CLA* e menor relação $n-6/n-3$.

Entre os animais *Nelore* e *Nelore x Simental* terminados em diferentes sistemas de terminação, o grupo genético influencia a composição de ácidos graxos do músculo *Longissimus thoracis*, de forma que efeitos mais pronunciados são relacionados com ácidos graxos envolvidos nas reações de alongação ou dessaturação, que desempenham o papel de produto ou substrato.

REFERÊNCIAS

ALFAIA, C. M. M. et al. Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana purebred bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. **Meat Science**, Barking, v. 72, p. 425-436, 2006.

BARNES, J. M. P. et al. Identification and characterization of an enzyme involved in the elongation of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 97, p. 8284-8289, 2000.

BARTON, L. et al. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. **Meat Science**, Barking, v. 76, p. 517-523, 2007.

BAUMAN, D. E. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proceedings of the Cornell Nutrition Conference**, Rochester, 1999. Disponível em: <<http://www.animal-science.org/content/77/E-Suppl/1.32.full.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

BAUMAN, D. E. et al. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. **Proceedings of the Cornell Nutrition Conference**, Rochester, p. 175-189, 2003. Disponível em: <http://www.abc.cornell.edu/bauman/cla/conference_proceedings/articles/2003_cnc_bauman_et_al.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2012.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 70, p. 15-19, 2001.

BÉZARD, J. et al. The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. **Reproduction Nutrition**, Paris, v. 34, p. 539-568, 1994.

BOHAC, C. E. et al. Assessment of method for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 1642-1645, 1988.

BOUFAIED, H. P. Y. et al. Fatty acids in forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 501-511, 2003.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Determinação de colesterol em carne: comparação de um método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 22, p. 1-13, 2001.

BRASIL. Gabinete Civil. Decreto-Lei nº 1.255, de 25 de junho de 1962. Altera o Decreto-Lei, nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 25 jun. 1962. p. 98.

BRESSAN, M. C. et al. Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on either pasture or grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 221-232, 2011.

CAO, J.; BLOND J. P.; BEZARD, J. Inhibition of fatty acid delta 6- and delta 5-desaturation by cyclopropene fatty acids in rat liver microsomes. **Biochimica Biophysica Acta**, Amsterdam, v.1210, p. 27-34, 1993.

CHANG, J. H. P.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Fatty acid composition and fatty acid elongase and stearoyl-CoA desaturase activities in tissues of steers fed high oleate sunflower seed. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, p. 2074-2080, 1992.

CHAPKIN, R. S. Reappraisal of the essential fatty acids. In: CHOW, C. K. (Ed.). **Fatty acids in food and their health implications**. 3th ed. Boca Raton: CRC, 2008. p. 675-692.

CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; GREGORY, K. E. Germ plasm evaluation in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 10, p. 2528-2535, Oct. 1998.

CURI, R. et al. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. Barueri: Manole, 2002. 580 p.

DALEY, C. A. et al. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, London, v. 9, n. 10, p. 1-12, 2010.

DANIEL, Z. C. T. R. et al. Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: the role of stearoyl-CoA desaturase. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 747-758, 2004.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, Tubingen, v. 53, p. 81-98, 2004.

BRITISH DEPARTMENT OF HEALTH. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**: report on health and social subjects. London: HMSO, 1994.

DINH, T. T. N. **Lipid and cholesterol composition of the *longissimus* muscle from Angus, Brahman, and Romosinuano**. 2006. 153 p. Thesis (Master in Animal and Food Science) - Texas Tech University, Texas, 2006.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, p. 379-396, 1994.

EMKENA, R. A. et al. Comparison of linolenic and linoleic acid metabolism in man: influence of dietary linoleic acid. In: SINCLAIR, A.; GIBSON, R. (Ed.). **Essential fatty acids and eicosanoids**: invited papers from the third International Conference. Champaign: AOCS, 1992. p. 23-25.

ENSER, M. Animal carcass fats and fish oils. In: ROSSEL, J. B.; PRITCHARD, J. L. R. (Ed.). **Analysis of oilseeds, fats and fatty foods**. London: Elsevier, 1991. p. 329-394.

ERIKSSON, S. F.; PICKOVA, J. Fatty acids and tocopherol levels in M. longissimus dorsi of beef cattle in Sweden: a comparison between seasonal diets. **Meat Science**, Barking, v. 76, p. 746-754, 2007.

FELLNER, V.; KRAMER, J. K. G. Steady-State rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 8, p. 1815-1823, Aug. 1995.

FERLAY, V. et al. Composition en acide gras des huiles de grains d'espèces spontanées du sud-est méditerranéen. **Oliagineux**, Montpellier, v. 48, p. 91-97, 1993.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, n. 1, p. 497-509, Jan. 1957.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2849-2855, 2000.

GAMA, L. T. et al. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. **Meat Science**, Barking, v. 93, p. 98-104, 2013.

GARCIA, P. T. et al. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 500-508, 2008.

GILLIS, M. H. et al. Effect of rumen-protected conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid on leptin and CLA content of bovine adipose depots. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, 12, 2003. (Abstract).

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk of ruminants. In: YURAWECZ, M. P. et al. **Advances in conjugated linoleic acid research**. Illinois: AOCS, 1999. v. 1, chap. 13, p. 180-200.

GRIINARI, J. M. et al. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, p. 2285-2291, 2000.

GRIINARI, J. M. et al. Trans-octadecanoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 1251-1261, 1998.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 82-83, p. 349-360, 2004.

HUERTA-LEIDENZ, N. O. et al. Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 625-630, 1993.

IP, C. Review of the effects of trans fatty acids, oleic acid, n-3 polyunsaturated fatty acids, and conjugated linoleic acid on mammary carcinogenesis in animals. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 66, p. 1523-1529, 1997.

JENKINS, T. C. Symposium: advances in ruminant lipid metabolism. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 3851-3863, 1993.

JOHNSON, A. R. et al. Inhibition of the desaturation of stearic to oleic acid by cyclopropene fatty acids. **Nature**, London, v. 214, p. 1244-1245, 1967.

KATAN, M. B.; MENSINK, R. P. Dietary fat quality and serum lipoproteins: an update. **Scandinavian Journal of Nutrition**, Stockholm, v. 37, p. 52-54, 1993.

KAY, J. K. et al. Endogenous synthesis of *cis-9, trans-11* conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, p. 369-378, 2004.

KAZALA, E. C. et al. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1717-1725, 1999.

KUCUK, O. et al. Effect of forage:concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 2233-2240, 2001.

KVAME, T.; BRENØE, U. T.; VANGEN, O. Body tissue development in lambs of two genetic lines analysed by X-ray computer tomography. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 65, p. 242-250, 2006.

LABORDE, F. L. et al. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 355-365, 2001.

LADEIRA, M. M.; OLIVEIRA, R. L. Desafios nutricionais para melhoria da qualidade da carne bovina. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Ed.). **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2007. p. 183-210.

LASSEY, K. R. Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 48, p. 114-118, 2008.

LATHAM, M. J.; STORRY, J. E.; SHARPE, M. E. Effect of low roughage diets on the microflora and lipid metabolism in the rumen. **Applied Microbiology**, Washington, v. 24, p. 871- 877, 1972.

LOOR, J. J. et al. Biohydrogenation, duodenal flows, and intestinal digestion of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage:concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, p. 2472-2485, 2004.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 48, p. 715-722, 1997.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. Breed comparison of the fatty acid composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 766-773, 1998.

MARINO, R. et al. Effect of forage to concentrate ratio on growth performance, and on carcass and meat quality of Podolian young bulls. **Meat Science**, Barking, v. 72, p. 415-424, 2006.

MENEZES, L. F. G. et al. Internal organs and gastrointestinal tract of feedlot finished steers of advanced generations of rotational crossbreeding between Charolais and Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 120-129, 2007.

MENSINK, R. P.; ZOCK, P. L. Lipoprotein metabolism and trans fatty acids. In: SEBEDIO, J. L.; CHRISTIE, W. W. (Ed.). **Trans fatty acids in human nutrition**. Dundee: The Oily, 1998. p. 217-234.

METZ, P. A. M. et al. Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2009.

MEYERS, B. D.; THRONEBERRY, G. O. Effect of gossypol on some oxidative respiratory enzymes. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 41, p. 787-791, 1966.

MIR, P. S. et al. Growth, carcass characteristics, muscle conjugated linoleic acid (CLA) content, and response to intravenous glucose challenge in high percentage Wagyu, Wagyu X Limousin, and Limousin steers fed sunflower oil-containing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2996-3004, 2002.

MORAND-FEHR, P.; TRAN, G. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. **INRA Productions Animales**, Saint-Genès-Champanelle, v. 14, p. 285-302, 2001.

NAKAMURA, M. T.; NARA, T. Y. Structure, function, and dietary regulation of delta6, delta5, and delta 9 desaturases. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 24, p. 345-376, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of beef cattle**. Washington: National Academy, 2000. 242 p.

NTAMBI, J. M. Dietary regulation of stearoyl-CoA desaturase 1 gene expression in mouse liver. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 267, p. 10925-10930, 1992.

NTAWUBIZI, M. et al. Effect of sire and sex on the intramuscular fatty acid profile and indices for enzyme activities in pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 122, p. 264-270, 2010.

NUERNBERG, K. et al. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 94, p. 137-147, 2005.

OKA, A. et al. Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1005-1011, 2002.

OOSTERVEER, M. H. et al. High fat feeding induces hepatic fatty acid elongation in mice. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 4, n. 6, p. 6066, 2009.

PADRE, R. G. et al. Analysis of fatty acids in longissimus muscle of steers of different genetic breeds finished in pasture systems. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 110, p. 57-63, 2007.

PRADO, I. N. et al. *Longissimus dorsi* Fatty Acids Composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* Crossbred Steers Finished in Pasture. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 601-608, 2003.

PAGE, A. M. et al. Dietary whole cottonseed depresses lipogenesis but has no effect on stearoyl coenzyme desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue. **Comparative Physiology and Biochemistry**, New York, v. 118, p. 79-84, 1997.

PALMQUIST, A. et al. Morphological studies on machined implants of commercially pure titanium and titanium alloy (Ti6Al4V) in the rabbit. **Journal of Biomedical Materials Research - Part B, applied biomaterials**. Hoboken, v. 91, n. 1, p. 309-319, 2009.

PARKER-BARNES, J. M. et al. Identification and characterization of an enzyme involved in the elongation of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acid. **Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America**, Washington, v. 97, p. 8284-8289, 2000.

PATLE, B. R.; MUDGAL, V. D. Maintenance requirements for energy in crossbred cows. **British Journal of Nutrition**, London, v. 33 n. 1, p. 127-132, 1975.

PAULINO, M. F. et al. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 621-626, 1999.

PITCHFORD, W. S. et al. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2825-2832, 2002.

POULSON, C. S. et al. Conjugated linoleic acid content of beef from cattle fed diets containing high grain, CLA, or raised on forages. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 91, p. 117-128, 2004.

RAES, K.; DE SMET, S. A.; DEMEYER, D. Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 253-260, 2001.

REALINI, C. E. et al. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 567-577, 2004.

ROBELIN, J. Growth of adipose tissues in cattle, partitioning between depots, chemical composition and cellularity. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 349-364, 1986.

RODRIGUES, V. C. et al. Ácidos graxos na carne de búfalos e bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 434-443, 2004.

ROSENTHAL, M. D.; DOLORESCO, M. A. The effects of trans-fatty acids on fatty acyl desaturation by human skin fibroblasts. **Lipids**, Champaign, v. 19, p. 869-874, 1984.

ROSENTHAL, M. D.; WHITEHURST, M. C. Selective effects of isomeric cis and trans-fatty acids on fatty acyl A9 and A6 desaturation by human skin fibroblasts. **Biochimica Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 753, p. 450-459, 1983.

ROSSATO, L. V. et al. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 9, p. 1841-1846, 2009.

ROSSATO, L. V. et al. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 1127-1134, 2010.

SAMI, A. S. et al. Effects of the dietary energy source on meat quality and eating quality attributes and fatty acid profile of Simmental bulls. **Animal Research**, Tubingen, v. 55, p. 287-299, 2006.

SCOLLAN, N. D. et al. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal Nutrition**, London, v. 85, p. 115-124, 2001.

ST. JOHN, L. C.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 1064, 1991.

SAS INSTITUTE. **User's guide**. Cary, 2004.

SMITH, S. B. et al. Regulation of Fat and fatty acid composition in beef cattle. Asian-Aust. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, n. 9, p. 1225-1233, Sept. 2009.

SOLIS, J. C. et al. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 764-773, 1988.

SPRECHER, H. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. **Biochimica Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1486, p. 219, 2000.

TANIGUCHI, M. et al. Differences in stearoyl-CoA desaturase mRNA levels between Japanese Black and Holstein cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 87, p. 215-220, 2004.

TAPIERO, H. et al. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomed Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, p. 215-222, 2002.

THIES, F. et al. Association of n-3 polyunsaturated fatty acids with stability of atherosclerotic plaques: a randomised controlled trial. **Lancet**, London, v. 361, p. 477-485, 2003.

TURPEINEN, A. M. et al. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 76, p. 504-510, 2002.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, p. 985-992, 1991.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos: CQBAL 2.0**. Viçosa: UFV, 2002. 297 p.

VALSTA, L. M.; TAPANAINEN, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 525-530, July 2005.

VARELA, A. et al. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acids profile of steers of the Rubia Gallega breed. **Meat Science**, Barking, v. 67, p. 515-522, 2004.

WARREN, H. E. et al. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages: animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 256-269, 2008.

WILLIAMSON, C. S. et al. Red meat in the diet. **British Nutrition Foundation**, London, v. 30, p. 323-335, 2005.

WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.

WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 343-358, 2008.

YANG, A. et al. A comparison of fat composition of Japanese and long-term grain-fed Australian steers. **Meat Science**, Barking, v. 51, p. 1-9, 1999.

YANG, A. et al. Lipid stability and meat color of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. **Meat Science**, Barking, v. 60, p. 41-50, 2002.

YU, S. et al. Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monosaturated fatty acids are hypocholesterolemic. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 61, p. 1129-1139, 1995.

**CAPÍTULO 3 Perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de bovinos
Nelore e F1 (*Nelore* X *Simental*) em diferentes sistemas de
terminação**

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o perfil de ácidos graxos e colesterol da gordura subcutânea na região do músculo *longissimus thoracis* de animais *Nelore* (n=20) e *Nelore* x *Simental* (n=20), terminados em sistema intensivo (n=40) e sistema extensivo (n=40). Os animais machos inteiros do sistema intensivo e extensivo foram abatidos com 24 e 28 meses, respectivamente, e peso médio de carcaça de 264 kg a 305 kg. Os dados demonstraram que, no contexto das 52 variáveis respostas estudadas, 41 (78,8%) foram afetadas ($P<0,05$) pelo sistema de terminação, 20 (38,5%) foram afetadas ($P<0,05$) pelo grupo genético, 5 (9,7%) mostraram interação ($P<0,05$) entre os fatores. Os animais do sistema intensivo mostraram na gordura subcutânea altas quantidades de colesterol e ácidos graxos *trans*, e baixa quantidade de AGP. Essas altas quantidades de colesterol e AGM *trans* possivelmente estão associadas aos componentes da dieta.

Palavras-chave: Bovinos. Perfil de ácidos graxos. Gordura subcutânea.

ABSTRACT

The objectives of this study was to evaluate the fatty acid profile and cholesterol content of subcutaneous fat in the muscle *longissimus thoracis* of *Nelore* (n=20) and *Nelore* x *Simmental* (n=20), finished in intensive system (n=40) and extensive system (n=40). The entire male of intensive and extensive system were slaughtered at 24 and 28 months, respectively, and average carcass weight from 264 kg to 305 kg. The data demonstrated that in the context of 52 response variables studied, 41 (78.8%) were affected ($P<0.05$) by finishing system, 20 (38.5%) were affected ($P<0.05$) by genetic group and 5 (9.7%) showed an interaction ($P<0.05$) among factors. The animals of the intensive system showed in the subcutaneous fat high amounts of cholesterol and trans fatty acids, and low amount of polyunsaturated fatty acids (*AGP*). These high amounts of cholesterol and monounsaturated fatty acids (*AGM*) trans probably are associated to components of the diet.

Keywords: Cattle. Fatty acid profile. Subcutaneous fat.

1 INTRODUÇÃO

A composição química e o perfil lipídico da carne usada na dieta estão implicados diretamente com a saúde humana. Entre os possíveis riscos associados ao consumo de carnes encontram-se as enfermidades cardiovasculares e desordens do sistema imunitário (MENSINK; KATAN, 1992). Por outro lado, alguns estudos mostram que os AGP, além do aspecto de serem essenciais (C18:2 n -6, e C18:3 n -3) participam de vários processos metabólicos benéficos à saúde humana (VARELA et al., 2004), tais como o C18:1 *trans*-11, e os isômeros do ácido linolêico conjugado C18:2 *cis* -9, *trans* -11 (FRENCH et al., 2000).

Vários fatores afetam a composição de ácidos graxos da carne de bovinos entre eles: grupo genético (BRESSAN et al., 2011; KUSS et al., 2007; MALAU-ADULI et al., 1998; NUERNBERG et al., 2005), heterose (GAMA et al., 2013; MENEZES et al., 2008), condição sexual (FREITAS, 2006; MALAU-ADULI et al., 1998), idade (DUCKETT et al., 1993; MALAU-ADULI et al., 1998) e dieta (BRESSAN et al., 2011; REALINE et al., 2004). Em geral esses conhecimentos são relacionados à gordura intramuscular e pouco é conhecido da gordura subcutânea dos ruminantes. Embora essa gordura seja parcialmente removida antes da desmancha, parte dela acompanha algumas peças nobres, que na fase de cocção, migra ao tecido magro (COLEMAN; RHEE; CROSS, 1986) e passa a fazer parte da dieta humana.

Nesse contexto, o objetivo no presente trabalho foi estudar o perfil lipídico da gordura subcutânea dos animais *Nelore* e *Nelore* x *Simental* terminados em diferentes sistemas de terminação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras – Brasil no período de 2009 a 2010 e no Instituto Nacional dos Recursos Biológicos (INRB, I.P), do Ministério da Agricultura e das Pescas, alocado na Unidade de Recursos Genéticos, Reprodução e Melhoramento Animal - Vale de Santarém, Portugal, no período de 2011 a 2012.

Todos os animais utilizados neste trabalho foram obtidos, criados e terminados em uma exploração comercial, situada no município de Pontal do Araguaia, Estado do Mato Grosso (Brazil), com altitude de 318 metros, temperaturas médias mínimas de 15-22° C e médias máximas de 31-33° C, e precipitações médias máximas de 140 a 296 mm nos meses de outubro a março.

2.1 Animais e sistemas de terminação

O total de oitenta bovinos machos inteiros dos grupos genéticos *Nelore* (n=42) e *Nelore x Simental*, (n=38), com pesos médios de carcaça de 264 a 305 kg e idade média final de 24 a 28 meses, respectivamente foram terminados em sistema intensivo por 90 dias e sistema extensivo por 225 dias.

Os animais, utilizados neste trabalho foram separados aleatoriamente dentre um grupo de mesma época de parição. Na obtenção dos animais *Nelore* e *Nelore x Simental*, foram utilizadas fêmeas *Nelore*, inseminadas com sêmem de touro *Nelore* ou touro *Simental*. Os animais foram desmamados com 8 meses de idade e criados em sistema extensivo, pastejo contínuo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Antes de entrar em fase de terminação, os animais foram verminados com sulfóxido de albendazole e, os animais terminados em confinamento receberam dieta de adaptação por 15 dias. Na fase de terminação,

os animais receberam as dietas I e II, formuladas para ganhos de peso de bovinos machos inteiros, conforme National Research Council - NRC (2000). O período total de confinamento foi de 90 dias; nos primeiros 45 dias utilizou-se a dieta I e no período remanescente a dieta II (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Composição da dieta experimental I.

Ingredientes	Kg MN¹	Kg MS¹	% PB²	% NDT²
Caroço de algodão	11,00	9,82	2,20	9,34
Casca de soja	22,33	20,14	2,77	15,51
Núcleo mineral ³	2,57	2,57	-	-
Resíduo de soja	5,83	5,34	2,49	4,06
Silagem de sorgo	19,00	6,36	0,48	3,75
Sorgo grão	39,27	34,38	3,35	27,35
Total	100,00	78,61	11,29	60,09

¹MN: matéria natural; MS: matéria seca;

²PB: proteína bruta e NDT: nutrientes digestíveis totais (Estimado por Valadares Filho, Rocha Júnior e Capelle, 2002);

³ Núcleo Mineral : Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg; Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg; Vit.A: 70.000 UI; Vit. D3: 5.000 UI; Vit. E: 15 UI; Niacina: 3,33 mg.

Tabela 2 Composição da dieta experimental II.

Ingredientes	Kg MN¹	Kg MS¹	% PB²	% NDT²
Caroço de algodão	11,24	10,03	2,24	9,63
Casca de soja	34,71	31,31	4,30	24,11
Núcleo mineral ³	2,61	2,61	-	-
Resíduo de soja	5,92	5,42	2,53	4,12
Silagem de sorgo	14,91	4,99	0,38	2,94
Sorgo grão	30,61	26,80	2,61	21,32
Total	100,00	81,17	12,07	62,12

¹ MN: matéria natural; MS: matéria seca;

² PB: proteína bruta e NDT: nutrientes digestíveis totais (Estimado por Valadares Filho, Rocha Júnior e Capelle, 2002);

³ Núcleo Mineral : Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg; Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg; Vit.A: 70.000 UI; Vit. D3: 5.000 UI; Vit. E: 15 UI; Niacina: 3,33 mg.

A ingestão média de matéria seca/dia/peso vivo de animal variou de 2,45 a 2,89kg, com um consumo médio entre 10,52 a 13,58 kg/cab/dia (matéria seca)

ou entre 15,83 a 21,01 kg/cab/dia (matéria natural). Todos os ingredientes usados foram produzidos no Estado do Mato Grosso.

No período de confinamento, os animais foram alocados em um piquete com 1600 m², equipado com bebedouro de alvenaria (capacidade para 7500 litros), e comedouro de alvenaria com 50 metros lineares. A dieta foi oferecida aos animais 6 a 8 vezes ao dia, com início a partir das 6:30 h e término as 18:30 h. A quantificação das sobras foi utilizada para ajustar a oferta de alimento a cada distribuição.

Na fase de terminação, os animais foram alocados em piquete, contendo pastagem cultivada *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com altura de plantas superior a 1 metro, e produção média de matéria seca de 8 a 20 toneladas/ha/ano. A pastagem recebeu adubação na época da sua implantação, e o controle de plantas invasoras anuais e perenes foi realizado com herbicida. Os animais permaneceram em sistema de pastejo contínuo, com uma ingestão média de alimentos (matéria seca) na ordem de 2,4% do peso vivo com uma taxa de lotação de 0,8 animais/ha. O espaço disponível aos animais foi delimitado com cercas de arame liso com 5 fios, altura de 1,60 m, e postes de madeira espaçados a cada 5 metros. Os animais dispunham de bebedouros de alvenaria com capacidade de 15 mil litros cada e regiões de proteção dos raios solares fornecidas por árvores nativas espalhadas aleatoriamente por toda a área de pastagens.

O Perfil de ácidos graxos das dietas ofertadas para aos animais são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Perfil de ácidos graxos da dieta dos animais terminados no sistema intensivo (médias da dieta I e II + silagem) e extensivo (resultados adaptados da literatura).

Ácidos graxos	concentrado + silagem (%)	<i>Brachiaria brizantha</i> ⁵
C14:0	2,90	-
C16:0	26,01	-
C18:0	13,13	-
C18:1 <i>cis</i> -9	28,20	-
C18:2 <i>n</i> -6	14,85	-
C18:3 <i>n</i> -3	0,17	-
AGS ¹	46,83	29,7
∑AGI ²	52,37	69,3
∑AGM ³	35,35	25,2
∑AGP ⁴	17,02	45,1
∑ <i>n</i> -6	18,33	16,9
∑ <i>n</i> -3	0,76	28,2

¹ AGS = ácidos graxos saturados;

² AGI = ácidos graxos insaturados;

³ AGM = ácidos graxos monoinsaturados;

⁴ AGP = ácidos graxos poli-insaturados;

⁵ Padre et al. (2007).

2.2 Operações de abate

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial com certificação para a exportação. Após descanso de 12 horas, jejum de alimentos sólidos e dieta hídrica, e insensibilização por concussão cerebral, os animais foram abatidos por secção da artéria carótida e veia jugular, seguida de eletroestimulação. As meias-carcaças foram resfriadas à temperatura de 2,1°C por 48 horas. Todos os procedimentos de abate foram realizados conforme as normas oficiais (BRASIL, 1962).

2.3 Coleta das amostras

Porções do músculo *longissimus thoracis* com a gordura subcutânea foram coletadas após 48 horas *post mortem* na altura da 11^a a 13^a costela da

meia-carcaça esquerda. As amostras foram embaladas a vácuo, usando filme de polietileno termoencolhível, submetidas a túnel de congelamento (-30 a -35 °C) e mantidas à temperatura -20 °C. Antes das análises, as amostras foram descongeladas a 4 °C por 24 horas. Uma vez descongeladas, as amostras foram encaminhadas para as análises de colesterol e perfil de ácidos graxos. Todas as análises, com exceção do perfil de ácidos graxos foram realizadas em duplicata e a média foi usada na análise estatística.

2.4 Análises laboratoriais

2.4.1 Determinação de colesterol e perfil de ácidos graxos

Para a determinação de colesterol e perfil de ácidos graxos os lipídios foram extraídos de acordo com os procedimentos de Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957).

A determinação do colesterol foi realizada por colorimetria, conforme Bohac et al. (1988) e adaptações descritas por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001). Os resultados foram expressos em mg/100 g de carne. A preparação de ésteres metílicos dos ácidos graxos foi realizada de acordo com Raes, De Smet e Demeyer (2001), usando NaOH/MeOH e HCl/MeOH. Após a metilação dos ácidos graxos, os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foram submetidos à cromatografia gasosa (cromatógrafo *Agilent HP 6890 Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA*), equipado com detector de ionização de chama, injetor *split* na razão 1:10, coluna capilar (*CP-Sil 88*, 100 m × 0.25 mm × 0.20 µL; *Varian Inc., Walnut Creek, CA*) e acoplado a um *software* desenvolvido pela Chemstation. As condições cromatográficas foram: temperatura inicial da coluna de 100 °C por 1 minuto, elevação de 50 °C/minuto até 150 °C e manutenção por 20 minutos; elevação a 1°C/minuto até os 190 °C e manutenção por 5 minutos;

nova elevação a 1 °C/minuto até 200 °C e manutenção por 35 minutos. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C e a do detector a 280 °C. O gás de arraste utilizado foi o hélio, à pressão constante de 32,78 psi.

Os diferentes ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção apresentados pelo padrão cromatográfico de C4:0 a C24:0 (*Supelco37 standard FAME Mix, Supelco Inc., Bellefonte, PA*). A quantificação dos ácidos graxos foi realizada por normalização.

Os totais de ácidos graxos saturados (\sum AGS) monoinsaturados (\sum AGM), monoinsaturados *cis*-9 (\sum AGM *cis*-9), monoinsaturados *trans* (\sum AGM *trans*), poli-insaturados (\sum AGP), poli-insaturados *n*-3 (\sum AGP *n*-3) e poli-insaturados *n*-6 (\sum AGP *n*-6) foram calculados como os somatórios dos ácidos graxos individuais, conforme abaixo:

- a) \sum AGS = (C10:0 + C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C23:0);
- b) \sum AGM = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-7 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-11 + C18:1 *cis*-12 + C18:1 *cis*-13 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14 + C20:1 *cis*-11);
- c) \sum AGM *cis*-9 = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9);
- d) \sum AGM *trans* = (C18:1 *trans* 6, 7, 8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14);
- e) CLA + C18:1 *trans*-11 = C18:2 *cis*-9, *trans*-11 + C18:1 *trans*-11;
- f) \sum AGP = (C18:2*n*-6 + C20:4*n*-6 + C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);
- g) \sum AGP *n*-3 = (C18:3*n*-3 + C20:5*n*-3 + C22:5*n*-3);
- h) \sum AGP *n*-6 = (C18:2*n*-6 + C20:4*n*-6).

O índice de aterogenicidade foi calculado de acordo com a proposta de Ulbricht e Southgate (1991) como um indicador para o risco de doença cardiovascular. Os cálculos foram feitos da seguinte forma: Aterogênicidade = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma AGS + \Sigma AGP)$.

As atividades das enzimas Δ^9 dessaturase e elongase foram estimadas de acordo com Kazala et al. (1999), Malau-Aduli et al. (1997) e Pitchford et al. (2002), por meio de cálculos a partir dos dados de ácidos graxos:

- a) Δ^9 dessaturase (14) = $(C14:1 \text{ cis-9})/(C14:1 \text{ cis-9} + C14:0)$;
- b) Δ^9 dessaturase (16) = $(C16:1 \text{ cis-9})/(C16:1 \text{ cis-9} + C16:0)$;
- c) Δ^9 dessaturase (18) = $(C18:1 \text{ cis-9})/(C18:1 \text{ cis-9} + C18:0)$;
- d) elongase = $(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})/(C16:0 + C16:1 \text{ cis-9} + C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})$.

As estimativas da atividade enzimática da elongase, dessaturase e elongase (combinada) na via *n-6* e *n-3* foram realizadas de acordo com Ntawubizi et al. (2010), conforme demonstrado a seguir:

- a) atividade combinada *n-6* = $(C20:4n-6)/(C18:2n-6)$;
- b) atividade combinada *n-3* = $(C22:5n-3)/(C18:3n-3)$.

2.5 Delineamento e análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, dois grupos genéticos (*Nelore* e *Nelore x Simental*) e dois sistemas de terminação (intensivo e extensivo). Cada animal foi considerado como uma unidade experimental, e para todas as variáveis foi utilizado o procedimento GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2004), com seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + S_j + R*S_{ij} + e_{ij}$$

μ = média geral;

R = efeito do grupamento genético ($i= 1$ ou 2 , *Nelore* ou *Nelore x Simental*);

S = efeito do sistema de terminação ($j=1$ ou 2 , intensivo ou extensivo);

$R*S$ = interação grupamento genético i e sistema de criação j ;

e = erro experimental, pressuposto normal e independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 .

Quando a interação foi significativa ($P < 0,05$) entre os fatores principais, o desdobramento em função dos sistemas de terminação foi realizado com o uso “*slice*” no mesmo procedimento do SAS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito dos grupos genéticos

A comparação entre grupos genéticos e sistemas de terminação torna-se difícil, pois há confusão perante idade, planos de alimentação, e características intrínseca e extrínseca de cada qual (EICHORN et al., 1986; YOSHIMURA; NAMIKAWA, 1983). Além disso, no presente trabalho, o efeito raça (*B. taurus*) é indistinto do efeito heterose (*B. taurus* F1), que influencia o perfil lipídico da gordura intramuscular (GAMA et al., 2013).

No perfil lipídico de bovinos, as grandes diferenças nos totais de AGS, AGM e AGP são determinados em grande parte pela dieta e efetividade da biohidrogenação, contudo a relação entre AGM e AGS depende, além do aporte de energia oriundo da dieta, da habilidade genética do animal/raça para sintetizar e depositar AGM (HUERTA-LEIDENZ, 1993; STURDIVANT et al., 1992).

Comparativamente aos animais *Nelore*, os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram resultados: a) elevados ($P < 0,05$) de C16:0, C18:1 *cis*-12, C19:1, somatórios de \sum AGS, \sum AGM *trans* e relação $n-6/n-3$ b) baixos ($P < 0,05$) de C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, \sum AGM *cis*-9, \sum AGP e \sum AGP $n-3$; c) interação ($P < 0,05$) entre os fatores para C18:1 *trans*-9, C18:1 *trans*-11 e C18:1 *trans*-12, C18:2 $n-6$ e \sum CLA + C18:1 *trans*-11, d) similares ($P > 0,05$) nas demais respostas estudadas. Nas estimativas de atividade enzimática, comparando aos animais *Nelore* x *Simental*, os animais *Nelore* mostraram resultados: a) superiores ($P < 0,05$) de Δ^9 dessaturase C14 C16, C18 e CLA/*trans*-11; e b) similares ($P > 0,05$) para elongase, e efeito combinado de alongação e saturação nos ácidos graxos da via metabólica $n-6$ e $n-3$.

3.1.1 Colesterol

Os resultados médios e erro padrão para colesterol da gordura subcutânea de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Colesterol avaliado na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Grupo genético				
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		<i>PR</i> ²
Colesterol (mg/100g)	119,2	(5,09) ¹	115,4	(5,35) ¹	0,61

¹EPM – erro padrão da média;

²Probabilidades – *PR* probabilidade para efeito do grupo genético;

³*Nelore* (n=42), *Nelore x Simental* (n=38).

Os grupos genéticos não influenciaram ($P > 0,05$) as médias de colesterol (Tabela 4). Outros trabalhos prévios também descrevem a ausência de efeito genético nas taxas de colesterol (RODRIGUES et al., 2004; RULE; SMITH; ROMANS, 1995; WHEELER et al., 1987). Wheeler et al. (1987) descrevem que no tecido subcutâneo, médias mais elevadas, de 92,28 a 99,53 mg/100 gramas, do que no tecido intramuscular de músculos LD, de 62,42 a 64,30 mg/100 g. Rule, Smith e Romans (1995) descreveram que raça, dietas e sexo dos animais não influenciam o colesterol presente no tecido muscular.

O colesterol se encontra em diferentes proporções nos tecidos que compõem a carcaça, mas os lipídeos intramusculares apresentam mais colesterol do que a gordura subcutânea (STROMER; GOLL; ROBERTS, 1966).

3.1.2 Ácidos graxos saturados

Os resultados médios e erro padrão para ácidos graxos saturados (AGS) da gordura subcutânea de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Ácidos graxos saturados¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Grupo genético				
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		<i>PR</i> ²
C12:0	0,12	(0,007) ²	0,11	(0,007) ²	0,28
C14:0	3,73	(0,082)	3,60	(0,086)	0,28
C15:0	0,57	(0,013)	0,59	(0,014)	0,35
C16:0	24,22	(0,251)	24,98	(0,263)	<0,05
C17:0	1,01	(0,018)	1,06	(0,019)	0,08
C18:0	20,27	(0,349)	21,17	(0,366)	0,08
∑AGS ⁵	49,92	(0,542)	51,51	(0,569)	<0,05
∑AGS ind – C18:0 ⁶	28,09	(0,318)	28,67	(0,334)	0,21

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – *PR* probabilidade para efeito do grupo genético;

⁴*Nelore* (n=42), *Nelore x Simental* (n=38);

⁵∑AGS = (C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0);

⁶∑AGS ind – C18 = (C12:0 + C14:0 + C16:0).

Os animais *Nelore x Simental* apresentaram porcentagens mais altas de C16:0 e ∑AGS (Tabela 5), conforme citado em literatura, devido ao efeito hipercolesterolêmico estar associado à ingestão elevada dos ácidos graxos C12:0, C14:0, e C16:0, os quais demonstram menor ação na atividade dos receptores hepáticos para as lipoproteínas de baixa densidade (*LDL*) (DIETSCHY, 1998; MCAFEE et al., 2010), maior quantidade de *LDL* sérico, e aumento na relação *LDL/HDL*. Alguns autores consideram essa relação como o prognóstico mais importante para as doenças cardiovasculares (CHIARA et al., 2002; MARQUES; VALENTE; ROSA, 2009).

Nürnberg, Wegner e Ender (1998), analisando o perfil de ácidos graxos do tecido adiposo subcutâneo de vacas *Hereford* e *Brahman*, também observaram diferença entre raças, onde os animais *Hereford* apresentaram maior porcentagem de ácidos graxos saturados.

Deschamps et al. (2004), estudando a influência do grau de sangue *Charolês-Nelore* em novilhos alimentados com silagem e concentrado, observaram que novilhos com 62,5% de sangue *Nelore* apresentaram médias menores de ácidos graxos saturados e maiores para ácidos graxos poli-insaturados em relação as demais combinações genéticas. Segundo Huerta-Leidenz (1993) e St. John, Lunt e Smith (1991), o grupo genético *B. indicus* pode apresentar menores concentrações do ácido C16:0, em relação ao grupo genético *B. taurus* e seus cruzamentos. Metz et al. (2009), obtiveram resultados contrários ao trabalho em estudo, onde animais *Nelore* apresentaram maior grau de saturação nos ácidos graxos (54,7%) em comparação aos de predominância *Charolês* (49,5%).

3.1.3 Ácidos graxos monoinsaturados

Os resultados médios e erro padrão para ácidos graxos monoinsaturados (AGM) da gordura subcutânea de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Ácidos graxos monoinsaturados¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Grupo genético				PR ³
	<i>Nelore</i> ⁴		<i>Nelore x Simental</i> ⁴		
C14:1 <i>cis</i> -9	0,69	(0,024) ²	0,61	(0,025) ²	<0,05
C16:1 <i>cis</i> -7	0,26	(0,005)	0,26	(0,006)	0,64
C16:1 <i>cis</i> -9	2,44	(0,067)	2,23	(0,070)	<0,05

“continua”

Tabela 6 “conclusão”

Variáveis	Grupo genético				
	Nelore ⁴		Nelore x Simental ⁴		PR ³
C17:1 <i>cis</i> -9	0,58	(0,014)	0,55	(0,015)	
C18:1 <i>cis</i> -9	31,68	(0,454)	30,38	(0,477)	0,06
C18:1 <i>cis</i> -11	1,16	(0,043)	1,05	(0,045)	0,09
C18:1 <i>cis</i> -12	0,40	(0,021)	0,47	(0,022)	<0,05
C18:1 <i>cis</i> -13	0,20	(0,011)	0,19	(0,011)	0,84
C18:1 <i>cis</i> -15	0,11	(0,009)	0,13	(0,009)	0,09
C18:1 <i>trans</i> -6,7,8 ⁵	0,34	(0,017)	0,39	(0,017)	0,06
C18:1 <i>trans</i> -9	0,35	(0,072)	0,60	(0,075)	<0,05
C18:1 <i>trans</i> -10	1,60	(0,239)	1,57	(0,242)	0,92
C18:1 <i>trans</i> -11	2,00	(0,104)	2,22	(0,109)	0,16
C18:1 <i>trans</i> -12	0,33	(0,062)	0,51	(0,065)	0,06
C18:1 <i>trans</i> -15	0,19	(0,037)	0,14	(0,039)	0,37
C18:1 <i>trans</i> -16 <i>cis</i> -14	0,31	(0,011)	0,30	(0,011)	0,53
C19:1	0,18	(0,011)	0,15	(0,011)	<0,05
C20:1 <i>cis</i> -11	0,14	(0,017)	0,15	(0,018)	0,69
∑AGM ⁶	42,96	(0,488)	41,90	(0,513)	0,15
∑AGM <i>cis</i> -9 ⁷	35,37	(0,518)	33,77	(0,543)	<0,05
∑AGM <i>trans</i> ⁸	5,08	(0,193)	5,65	(0,202)	<0,05

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

⁴Nelore (n=42), Nelore x Simental (n=38);

⁵∑dos AG C18:1 *trans* 6 , C18:1 *trans* 7 , C18:1 *trans* 8;

⁶∑AGM= (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-7 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11+C18:1 *trans*-12+C18:1 *cis*-9+ C18:1 *cis*-11 + C18:1 *cis*-12 + C18:1 *cis*-13 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14 + C20:1 *cis*-11);

⁷∑AGM *cis*-9 = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9);

⁸∑AGM *trans* = (C18:1 *trans*-6,7,8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14).

No presente trabalho, o perfil lipídico da gordura subcutânea do dos animais *Nelore*, comparado com *Nelore* x *Simental*, apresentaram maior capacidade/atividade da enzima Δ^9 dessaturase, demonstrado pelas baixas quantidades de AGS (C16:0 e Σ AGS), altas quantidades de AGM (C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9, C18:1 *cis*-9, e Σ AGM *cis*-9), e maior atividade estimada da Δ^9 dessaturase geral, Δ^9 dessaturase C16, e C18 (Tabela 6). Confirmando assim, os

resultados de outros (MALAU-ADULI et al., 1997; STURDIVANT et al., 1992).

De acordo Dryden e Marchello (1970), os aumentos nas concentrações de 16:1 *cis*-9 da carne, em geral aumentam a aceitabilidade e a satisfação sensorial com o produto.

Yang et al. (1999), avaliando perfil de ácidos graxos das raças Japonesas e Australianas no tecido subcutâneo, observaram diferença entre as raças para o C14:1 *cis*-9, onde as raças Japonesas apresentaram porcentagens mais elevadas (2,5%) em relação aos Australianos (0,7%).

Ao avaliar em conjunto os percentuais de C16:0 (ácido palmítico) e C16:1 *cis*-9 (ácido palmitoleico), o animais *Nelore* x *Simental* apresentaram porcentagem superior ao ácido C16:0 (24,98%) do que os animais *Nelore* (24,22%) (Tabela 5) e para o ácido monoinsaturado C16:1 *cis*-9 os animais *Nelore* apresentaram porcentagem mais elevada (2,44%) do que o grupo *Nelore* x *Simental* (2,23%) (Tabela 6). Esses resultados demonstram que os animais *Nelore* dessaturaram mais ácidos graxos C16:0 em C16:1 *cis*-9 devido a maior atividade da enzima Δ^9 dessaturase. Essa enzima introduz uma dupla ligação na posição 9 a contar do grupo carboxílico e de geometria *cis* em ácidos graxos saturados (ou *trans* monoinsaturados). Diferença entre genótipos quanto à expressão da Δ^9 dessaturase foi reportada por Laborde et al. (2001) e Taniguchi et al. (2004). Yang et al. (1999), também observaram diferenças para os ácidos C16:0 e C16:1 *cis*-9 entre as raças estudadas Japonesas e Australianas. O mesmo efeito foi encontrado por Huerta-Leidenz et al. (1993) onde animais *B. indicus* apresentaram menores concentrações de ácido palmítico quando comparados com animais *B. taurus*. Segundo Feldman (2002), os ácidos graxos monoinsaturados têm efeitos na redução de doenças cardiovasculares por reduzirem as concentrações plasmáticas de *LDL* (lipoproteínas de baixa densidade), além de inibirem a agregação plaquetária.

Resultados demonstrados por Menezes et al. (2009) são contrários aos obtidos neste trabalho, onde animais mestiços *B. indicus* x *B. taurus* apresentam maior atividade da enzima Δ^9 desaturase em comparação a animais zebuínos puros. Por outro lado, os animais *Nelore* x *Simental* apresentaram quantidades superiores do Σ AGM *trans* em relação aos animais *Nelore*.

Sabe-se que estudos metabólicos e epidemiológicos fornecem evidências de que a ingestão de ácidos graxos *trans* está diretamente relacionada ao risco de doenças coronárias (ASCHERIO; WILLETT, 1997; CHIARA et al., 2002; GIDDING et al., 2005; MCAFEE et al., 2010; MENSINK; ZOCK, 1998).

Estudos com dietas contendo ácidos graxos *trans* revelaram que esses competem pelos mesmos sistemas enzimáticos dos ácidos graxos essenciais, interferindo, portanto, na biossíntese dos ácidos graxos poli-insaturados (BOURRE et al., 1989; MARQUES; VALENTE; ROSA, 2009).

Entretanto, há alguma evidência de que o C18:1 *trans*-11 não é um fator de risco para as doenças cardiovasculares, comparado aos ácidos graxos *trans* resultantes da hidrogenação de óleos (KELLY et al., 2002; MENSINK et al., 2003; WILLET et al., 1993). O consumo de C18:1 *trans*-11 por 5 semanas aumentou o total de *CLA* sérico, o que foi observado por Salminen et al. (1998). Sendo assim, pode-se concluir que o C18:1 *trans*-11 em carnes pode exercer uma função positiva na síntese endógena de *CLA*.

3.1.4 Ácidos graxos poli-insaturados

Os resultados médios e erro padrão para ácidos graxos poli-insaturados (AGP) da gordura subcutânea de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 Ácidos graxos poli-insaturados¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM²).

Variáveis	Grupo genético				
	<i>Nelore</i> ⁴		<i>Nelore x Simental</i> ⁴		PR ³
C18:2n-6	1,85	(0,072) ²	1,78	(0,075) ²	
C18:3n-3	0,42	(0,021)	0,36	(0,022)	0,06
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,49	(0,019)	0,44	(0,020)	<0,05
C20:4n-6	0,08	(0,021)	0,02	(0,022)	0,08
C22:4n-6	0,02	(0,009)	0,01	(0,010)	0,15
C22:5n-3	0,19	(0,056)	0,03	(0,059)	0,06
∑AGP ⁵	3,05	(0,179)	2,65	(0,188)	<0,05
∑AGP n-3 ⁶	0,62	(0,067)	0,39	(0,070)	<0,05
∑AGP n-6 ⁷	1,95	(0,119)	1,81	(0,125)	0,29
∑Isômeros 18:2 ⁸	0,89	(0,057)	0,72	(0,060)	<0,05
∑CLA + C18:1 <i>trans</i> -11 ⁹	2,19	(0,103)	2,34	(0,109)	0,30

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

⁴*Nelore* (n=42), *Nelore x Simental* (n=38);

⁵∑AGP = (C18:2n-6 + C18:3n-3 + C20:4n-6 + C22:4n-6 + C22:5n-3);

⁶∑AGP n-3 = (C18:3n-3 + C22:5n-3);

⁷∑AGP n-6 = (C18:2n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6);

⁸∑isômeros C18:2 não identificados;

⁹∑CLA + C18:1 *trans*-11 = (C18:2 *cis*-9, *trans*-11 + C18:1 *trans*-11).

Os animais *Nelore* apresentaram porcentagens superiores dos ácidos C18:2 *cis*-9 *trans*-11, ∑AGP, ∑AGP n-3 (Tabela 5). Bartoñ et al. (2007), avaliando perfil de ácidos graxos na gordura intramuscular e subcutânea de diferentes raças *Limousin* e *Charolais*, encontraram efeito entre raça para o C18:2 *cis*-9 *trans*-11 (CLA), atribuindo as diferenças na atividade enzimática envolvida na síntese e modificações de ácidos graxos, tais como Δ⁹ dessaturase, responsável pela transformação do ácido C18:1 *trans*-11 (vacênico) em CLA (LOPES et al., 2012), ou diferenças na fisiologia de rúmen e processos da biohidrogenação (MENDONZA et al., 2005; MENEZES et al., 2007).

Avaliando o percentual do ∑AGP, observa-se que a gordura subcutânea dos animais *Nelore* mostraram maiores médias enquanto os animais *Nelore x*

Simental apresentaram médias inferiores (Tabela 7). Diferenças entre grupo genético para o Σ AGP também foram reportadas por Bartoñ et al. (2007); Rossato et al. (2009) e Yang et al. (1999). Os ácidos graxos poli-insaturados apresentam diversas ações na modulação de vias que poderiam influenciar a colesterolemia, tais como: diminuição da produção hepática de *VLDL*, precursora da *LDL* e aumento da fluidez das membranas.

3.1.5 Índices nutricionais

Os resultados médios e erro padrão para os índices nutricionais da gordura subcutânea de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 Índices nutricionais avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Grupo genético				PR ²
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		
<i>n-6/n-3</i> ⁴	3,19	(0,344) ¹	4,64	(0,361) ¹	<0,05
P/S ⁵	0,06	(0,006)	0,05	(0,006)	<0,05
Índice aterogênico ⁶	0,69	(0,008)	0,68	(0,008)	0,40

¹EPM – erro padrão da média;

²Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

³*Nelore* (n=42), *Nelore x Simental* (n=38);

⁴ $n-6/n-3 = (C18:2n-6 + C20:4n-6)/(C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3)$;

⁵P / S = total de ácidos graxos poli-insaturados/ total de ácidos graxos saturados;

⁶Índice Aterogênico = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma$ AGS + Σ AGP).

A relação *n-6/n-3* encontrada foi superior nos animais *Nelore x Simental* (Tabela 8), demonstrando um maior desequilíbrio na relação entre total de *n-6* e total de *n-3* (nesse caso houve menor deposição de *n-3*). As diferenças entre genótipo podem refletir diferenças na expressão de genes ou nas atividades de

enzimas envolvidas na síntese de ácidos graxos, dessaturação ou alongamento da cadeia (MUCHENJE et al., 2009).

Em geral, a razão $n-6/n-3$ é mais influenciada pelo efeito da dieta que pelo efeito genético. Em animais terminados a pasto, a razão varia de 1,4 a 2,0 e em animais terminados com concentrado, de 6,0 a 10 (GARCIA et al., 2008; NÜERNBERG et al., 2005), pois as gramíneas são ricas em C18:3 $n-3$ e os grãos, em C18:2 $n-6$ (BOUFAIED et al., 2003; GOFFMAN; BÖHME, 2001). Entretanto, dietas com elevadas quantidades de ácidos graxos da série $n-6$ ou razão $n-6/n-3$ elevada (acima de 4) podem aumentar a produção de tromboxanos e leucotrienos que, em excesso, são relacionados a doenças como trombozes, arritmias, artrite, asma e psoríase (TAPIERO et al., 2002). Os valores observados neste trabalho estão acima dos recomendados pelo British Department of Health (1994) que sugere uma razão de 4:1 na relação entre $n-6/n-3$.

Recentes trabalhos, sugerem um aumento nas quantidades de ácidos graxos $n-3$ na carne, através da alimentação com gramíneas ou de outro modo, tendo em vista um abaixamento na proporção $n-6:n-3$ da carne, sendo desejável para reduzir o risco de doenças cardiovasculares em adultos (SCOLLAN et al., 2006; WOOD; ENSER, 1997).

3.1.6 Estimativas enzimáticas

Os resultados médios e erro padrão para as estimativas enzimáticas da gordura subcutânea de bovinos de diferentes grupos genéticos são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 Estimativas da ação enzimática avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos *Nelore* e *Nelore x Simental*, com valores expressos com média (EPM¹).

Variáveis	Grupo genético				PR ²
	<i>Nelore</i> ³		<i>Nelore x Simental</i> ³		
Elongase ⁴	75,96	(0,585) ¹	76,1	(0,614) ¹	0,79
Δ^9 dessaturase ⁵	0,70	(0,018)	0,67	(0,019)	<0,05
Δ^9 dessaturase (14) ⁶	15,39	(0,448)	14,2	(0,471)	<0,05
Δ^9 dessaturase (16) ⁷	9,01	(0,256)	8,13	(0,269)	<0,05
Δ^9 dessaturase (18) ⁸	60,96	(0,650)	58,8	(0,682)	<0,05
Δ^9 dessaturase <i>CLA/trans-11</i> ⁹	0,25	(0,011)	0,21	(0,012)	<0,05
C20:4n-6/C18:2n-6 ¹⁰	0,07	(0,012)	0,04	(0,013)	0,14
C22:5n-3/C18:3n-3 ¹¹	0,47	(0,175)	0,09	(0,184)	0,14

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PR probabilidade para efeito do grupo genético;

³ *Nelore* (n=42), *Nelore x Simental* (n=38);

⁴ Elongase = (C18:0 + C18:1 *cis*-9)/(C16:0 + C16:1 *cis*-9 + C18:0 + C18:1 *cis*-9);

⁵ Índice geral da atividade Δ^9 dessaturase= (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9 + C18:2 *cis*-9, *trans*-11) / (C14:0 + C16:0 + C18:0+ C18:1 *trans*-11);

⁶ Índice da atividade da dessaturase para C14= C14:1 *cis*-9 / C14:0;

⁷ Índice da atividade da dessaturase para C16= C16:1 *cis*-9 / C16:0;

⁸ Índice da atividade da dessaturase para C18= C18:1 *cis*-9 / C18:0;

⁹ Δ^9 dessaturase *CLA/ trans-11*= C18:1 C18:2 *cis*-9, *trans*-11/*trans*-11;

¹⁰ Efeito combinado para dessaturação e alongação n-6 = C20:4n-6 / C18:2n-6;

¹¹ Efeito combinado para dessaturação e alongação n-3 C22:5n-3/C18:3n-3.

As estimativas de atividades enzimáticas Δ^9 dessaturase, Δ^9 dessaturase (14), Δ^9 dessaturase (16), Δ^9 dessaturase (18) e Δ^9 dessaturase *CLA/trans-11* foram superiores na gordura subcutânea dos animais *Nelore* (P<0,05) em relação aos animais *Nelore x Simental* (Tabela 9). Diferenças entre genótipos quanto à expressão dessa enzima foram reportadas por Taniguchi et al. (2004). Malau-Aduli et al. (1997) também encontraram resultados diferentes entre raças, tendo animais *Jersey* obtendo valor maior (16,8%), quando comparados com *Limousin* (12,5%). Segundo Bressan et al. (2011), na gordura intramuscular, as variações entre raças podem explicar 20 a 31% da variação observada na atividade da enzima Δ^9 dessaturase, enquanto o sistema de terminação pode explicar apenas de 2 a 8% dessa variação.

Entretanto, Laborde et al. (2001) não relataram diferença significativa entre as raças, revelando média de 76,13%. St. John, Lunt e Smith (1991) também não encontraram diferenças significativas entre o tecido adiposo subcutâneo de fêmeas *Braford* e *Angus* para a elongação dos ácidos graxos ou Δ^9 dessaturação obtidos a partir da fração microsomal.

3.2 Efeito do sistema de terminação

3.2.1 Colesterol

Os resultados médios e respectivos erros padrões para colesterol da gordura subcutânea de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 Colesterol avaliado na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM¹).

Colesterol (mg/100g)	Sistema de terminação			PS ²	
	S. intensivo ³		S. extensivo ³		
	128,0	(6,12) ¹	106,6	(6,02) ¹	<0,05

¹EPM – erro padrão da média;

²Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

³Sistema intensivo(n=40) e sistema extensivo (n=40).

Os sistemas de terminação influenciaram (P<0,05) as médias de colesterol (Tabela 10). Amostras de gordura subcutânea dos animais terminados no sistema intensivo apresentaram valores superiores de colesterol em relação aos animais terminados no sistema extensivo.

Hoelscher et al. (1988) relatam que em bovinos, o tecido adiposo apresenta quantidades superiores de colesterol do que aquelas encontradas na gordura intramuscular, fato este devido ao tecido adiposo apresentar uma região

de maior estocagem de colesterol (KRAUSE; HARTMAN, 1984). Ruleet al. (2002) encontraram taxas de colesterol mais elevadas em animais terminados com elevadas quantidades de grãos do que em animais terminados em pastagem. Os resultados médios obtidos neste trabalho foram superiores aqueles descritos por Ruleet al. (2002), pois esses valores de colesterol foram para gordura intramuscular e este trabalho os valores são para gordura subcutânea.

De acordo com Medeiros (2003), a recomendação do “*American Heart Association*” para ingestão máxima de colesterol por dia é de 300 mg. A ingestão de colesterol, está relacionada aos níveis plasmáticos, estando o risco diretamente relacionado com os níveis plasmático de *LDL* e inversamente relacionado com os níveis de *HDL* (KATAN, 1998).

Os ácidos graxos saturados, com exceção do C18:0, promovem o aumento dos níveis plasmático de *LDL*, reduzindo a atividade do receptor *LDL*. A relação entre o consumo de gordura e o crescimento tumoral em modelos animais foi primeiramente atribuído aos ácidos graxos poli-insaturados (HOPKINS; CARROLL, 1979). Hoje é sabido que a ingestão excessiva de C18:2n-6 aumenta o risco de carcinogênese em modelos animais (PARIZA, 1988). Apesar do consumo regular de carne proveniente de ruminantes estar associado a um aumento no risco de doenças cardiovasculares, estudos recentes sugerem que a inclusão de carne magra de bovino numa dieta com baixo teor em gordura, tem um impacto positivo nos níveis plasmáticos de colesterol total e *LDL* (KUSS et al., 2007).

3.2.2 Ácidos graxos saturados

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os ácidos graxos saturados da gordura subcutânea de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 Ácidos graxos saturados¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM²).

	Sistema de terminação				
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴		PS ³
C12:0	0,10	(0,008) ²	0,12	(0,008) ²	0,15
C14:0	3,65	(0,098)	3,68	(0,097)	0,85
C15:0	0,38	(0,016)	0,79	(0,016)	<0,01
C16:0	23,63	(0,302)	25,56	(0,296)	<0,01
C17:0	1,12	(0,022)	0,95	(0,022)	<0,01
C18:0	22,80	(0,420)	18,64	(0,412)	<0,01
∑AGS ⁵	51,68	(0,652)	49,74	(0,641)	0,94
∑AGS ind – C18:0 ⁶	27,40	(0,382)	29,36	(0,376)	<0,01

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

⁴Sistema intensivo(n=40) e sistema extensivo (n=40);

⁵∑AGS = (C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0);

⁶∑AGS ind – C18 = (C12:0 + C14:0 + C16:0).

O sistema de terminação afetou significativamente os resultados de colesterol (P<0,05), todos os AGS individuais (P <0,01) e grupos de AGS (com exceção de C12:0, C14:0 e ∑AGS, com médias similares entre os fatores de estudo, P>0,05) (Tabela 11), os demais ácidos graxos AGS individuais foram afetados pelos sistemas de terminação. Médias altas de C17:0 e C18:0 foram obtidas em amostras oriundas do sistema intensivo e C16:0 e ∑AGS ind-C18:0 em amostras do sistema extensivo.

Bartoñ et al. (2007) também encontraram diferença entre o ácido C16:0 em diferentes dietas com valores de (28,06% e 26,76%) resultados superiores ao observado neste trabalho (23,63% e 25,55%). Os autores também observaram que não houve diferença para os ácidos graxos monoinsaturados no tecido subcutâneo. Porém, Kraft et al. (2008), avaliando raças e sistema de terminação, encontraram diferença entre *Angus*, *Limousin* e *Simental*, terminados no sistema a pastagem e no sistema intensivo para o ácido C18:1 *trans*- 6,7,8.

3.2.3 Ácidos graxos monoinsaturados

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os ácidos graxos monoinsaturados da gordura subcutânea de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 Ácidos graxos monoinsaturados¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM²).

	Sistema de terminação			PS ³	
	S. intensivo ⁴	S. extensivo ⁴			
C14:1 <i>cis</i> -9	0,44	(0,029) ²	0,86	(0,028) ²	<0,01
C16:1 <i>cis</i> -7	0,20	(0,007)	0,32	(0,006)	<0,01
C16:1 <i>cis</i> -9	1,66	(0,080)	3,02	(0,079)	<0,01
C17:1 <i>cis</i> -9	0,41	(0,017)	0,72	(0,017)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -9	29,07	(0,546)	32,99	(0,537)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -11	1,33	(0,051)	0,88	(0,050)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -12	0,79	(0,025)	0,08	(0,025)	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -13	0,21	(0,013)	0,18	(0,013)	0,14
C18:1 <i>cis</i> -15	0,17	(0,010)	0,08	(0,010)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -6,7,8 ⁵	0,46	(0,020)	0,26	(0,020)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -9	0,69	(0,086)	0,27	(0,084)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -10	2,75	(0,250)	0,42	(0,303)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -11	1,89	(0,124)	2,33	(0,122)	<0,05
C18:1 <i>trans</i> -12	0,70	(0,074)	0,13	(0,073)	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -15	0,07	(0,045)	0,25	(0,044)	<0,05
C18:1 <i>trans</i> -16 <i>cis</i> -14	0,39	(0,013)	0,22	(0,013)	<0,01
C19:1	0,13	(0,013)	0,21	(0,013)	<0,01
C20:1 <i>cis</i> -11	0,13	(0,020)	0,16	(0,020)	0,38

“continua”

Tabela 12 “conclusão”

	Sistema de terminação			PS ³
	S. intensivo ⁴	S. extensivo ⁴		
\sum AGM ⁶	41,49 (0,587)	43,38 (0,577)		<0,05
\sum AGM <i>cis</i> -9 ⁷	31,56 (0,622)	37,58 (0,612)		<0,01
\sum AGM <i>trans</i> ⁸	6,95 (0,232)	3,78 (0,228)		<0,01

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

⁴Sistema intensivo(n=40) e sistema extensivo (n=40);

⁵ \sum dos AG C18:1 *trans* 6 , C18:1 *trans* 7 , C18:1 *trans* 8;

⁶ \sum AGM= (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-7 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11+C18:1 *trans*-12+C18:1 *cis*-9+ C18:1 *cis*-11 + C18:1 *cis*-12 + C18:1 *cis*-13 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14 + C20:1 *cis*-11);

⁷ \sum AGM *cis*-9 = (C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C17:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9);

⁸ \sum AGM *trans* = (C18:1 *trans*-6,-7,-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-16, *cis*-14).

Todos os AGM foram influenciados ($P < 0,05$) pelo sistema de terminação, exceto C18:1 *cis*-13 e C20:1 *cis*-11. Amostras oriundas de animais do sistema extensivo apresentaram médias superiores de C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-7, C16:1 *cis*-9, C17:1 *cis*-9, C18:1 *cis*-9, C18:1 *trans*-15, C19:1, \sum AGM *cis*-9 e \sum AGM . Enquanto, as médias de C18:1 *trans*-6,7,8 e C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-16, *cis*-14, C18:1 *cis*-15 e \sum AGM *trans* foram superiores ($P < 0,05$) nas amostras oriundas de animais do sistema intensivo (Tabela 12).

Noci et al. (2005), avaliando a influência do sistema extensivo durante 0, 40 , 99 e 158 dias no tecido subcutâneo, observaram que os animais mantidos por 99 e 158 dias em pastagem aumentaram as quantidades de AGM (48,64% e 48,80%) em relação aos outros tempos (43,25%). O \sum AGM apresentou porcentagem superior no sistema extensivo (43,38%) em relação ao sistema intensivo (41,49%). Esse resultado é devido às altas quantidades de C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9, C17:1 *cis*-9 e C18:1 *cis* -9. Esses dados sugerem que no sistema extensivo houve maior atividade da enzima Δ^9 dessaturase em relação ao sistema

intensivo, e conseqüentemente maior porcentagens do Σ AGM *cis*-9 (37,58%) do que no sistema intensivo (31,56%).

Resultados semelhantes foram relatados por Noci et al. (2005), que avaliando tempos de pastoreio de 0, 40, 99 e 158 dias encontraram no tecido subcutâneo, onde os animais que permaneceram mais dias, a pastagem apresentou porcentagens mais elevadas de C18:1 *trans*-11. A biohidrogenação ruminal muitas vezes não chega a completar-se, formando assim quantidades significativas dos ácidos C18:2 *cis*-9 *trans*-11 e C18:1 *trans*-11, que alcançam o duodeno e são absorvidos (BEORLEGUI, 2004).

O sistema intensivo apresentou porcentagem superior do somatório Σ AGM *trans*, (6,95%) em relação ao sistema extensivo (3,78%). Os ácidos graxos *trans* são encontrados no leite, carne e gordura de mamíferos e ruminantes, resultantes da biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados por bactéria do rúmen. Sendo que o mais comum é o ácido C18:1 *trans*-11 (ácido vacênico), cuja sua concentração varia de 2 a 7% (PRECHT; MOLKENTIN, 1997). No tecido adiposo, ocorre maior incorporação dos ácidos graxos *trans*. Essa deposição pode estar relacionada a sua característica de servir como reservatório de energia na forma de triglicerídeos.

3.2.4 Ácidos graxos poli-insaturados

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os ácidos graxos poli-insaturados da gordura subcutânea de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 Ácidos graxos poli-insaturados¹ avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM²).

	Sistema de terminação				
	S. intensivo ⁴		S. extensivo ⁴	PS ³	
C18:2n-6	2,97	(0,086) ²	0,66	(0,085) ²	<0,01
C18:3n-3	0,33	(0,025)	0,44	(0,025)	<0,01
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,31	(0,023)	0,62	(0,023)	<0,01
C20:4n-6	0,04	(0,025)	0,07	(0,025)	0,44
C22:4n-6	0,02	(0,011)	0,01	(0,011)	0,70
C22:5n-3	0,10	(0,067)	0,11	(0,066)	0,90
∑AGP ⁵	3,77	(0,215)	1,91	(0,211)	<0,01
∑AGP n-3 ⁶	0,42	(0,080)	0,59	(0,079)	0,17
∑AGP n-6 ⁷	3,03	(0,143)	0,74	(0,141)	<0,01
∑Isômeros 18:2 ⁸	0,87	(0,069)	0,75	(0,067)	0,28
∑CLA + C18:1 <i>trans</i> -11 ⁹	1,58	(0,124)	2,95	(0,122)	<0,01

¹Valores % em proporções relativas à soma das áreas dos picos observados na cromatografia gasosa;

²EPM – erro padrão da média;

³Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

⁴Sistema intensivo(n=40) e sistema extensivo (n=40);

⁵∑AGP = (C18:2n-6 + C20:4n-6 + C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3);

⁶∑AGP n-3 = (C18:3n-3 + C22:5n-3);

⁷∑AGP n-6 = (C18:2n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6);

⁸∑isômeros C18:2 não identificados;

⁹∑CLA + C18:1 *trans*-11 = (C18:2 *cis*-9, *trans*-11 + C18:1 *trans*-11).

O sistema de terminação afetou (P<0,05) os resultados de C18:3n-3, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e somatórios ∑AGP e ∑AGP n-6 (Tabela 13). Com exceção do C18:2n-6 e o ∑AGP n-6 e o índice aterogênico, que foram superiores no grupo de animais do sistema intensivo, todos os demais AGP individuais foram superiores no sistema extensivo.

As proporções dos ácidos graxos poli-insaturados oriundos do C18:3n-3 e C18:2n-6 são controladas por um complexo sistema enzimático de dessaturases e elongases presentes no retículo endoplasmático das células (RAES et al., 2004; SOUZA; VISENTAINER, 2006; WOOD et al., 2008). Diferença no ∑AGP n-6 entre os sistemas de terminação é devido ao sistema

intensivo apresentar porcentagens três vezes mais do C18:2n-6 em relação ao sistema extensivo.

Yang et al. (1999), avaliando a gordura subcutânea de novilhos Japonês e Australiana, terminados em longo prazo com grãos, observaram diferença significativa para os ácidos graxos poli-insaturados. Esse resultado pode ser devido ao escape ileso da biohidrogenação ruminal. Noci et al. (2005), também observaram quantidades mais elevadas de Σ AGP no tecido subcutâneo nos animais que permaneceram durante 158 dias em pastagem. Esse aumento é devido ao aumento dos ácidos graxos poli-insaturados da família *n*-3.

Noci et al. (2005), avaliando a influência do sistema de terminação a pastagem durante 0, 40, 99 e 158 dias no tecido subcutâneo, observaram que no tempo de 158 dias apresentaram porcentagens superiores do ácido C18:3n-3, (0,88%), e superiores ao encontrado neste trabalho.

O ácido C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (*CLA*), apresentou porcentagem superior no sistema extensivo (0,62%) em relação ao sistema intensivo (0,31%). Warren et al. (2008) também observaram que bovinos alimentados com pasto apresentaram maiores proporções de *CLA*, mostrando que o processo de biohidrogenação ruminal é diferente entre animais alimentados com pasto e grãos, essa diferença pode ser devido à biohidrogenação incompleta de ácidos graxos poli-insaturados no rúmen, mas também, endogenamente, através da dessaturação do ácido graxo C18:1 *trans*-11, pois quando observa-se interação entre grupo genético e sistema de terminação, porcentagens mais elevadas do ácido 18:1 *trans*-11, foram observadas no sistema extensivo.

Bartoñ et al. (2007) relatam também uma diferença estatística de *CLA* em relação à dieta controle e dieta com suplementação com linhaça. Noci et al. (2005), avaliando a influência do sistema de terminação a pastagem durante 0, 40, 99 e 158 dias no tecido subcutâneo, também observa-se quantidades superiores de *CLA* nos animais que permaneceram durante 158 em pastagem.

Mulvihiiil (2001), comparando o teor de C18:2 *cis*-9 *trans*-11 (CLA) na carne de animais criados em países como Austrália (7,6 mg/g de gordura) e Estados Unidos (1,7 -2,7 mg/g de gordura), descrevem que essa diferença é basicamente devido aos animais australianos serem alimentados com pastagem, enquanto os americanos são alimentados com altas quantidades de grãos.

O percentual de Σ AGS, apresentou diferença entre os sistema (P<0,05), o sistema intensivo apresentou médias superiores em relação aos animais terminados no sistema extensivo.

3.2.5 Índices nutricionais

Os resultados médios e respectivos erros padrões para os índices nutricionais da gordura subcutânea de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 Índices nutricionais avaliados na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM¹).

	Sistema de terminação				PS ²
	S. intensivo ³		S. extensivo ³		
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3 ⁴	7,05	(0,414) ¹	1,35	(0,407) ¹	<0,01
P/S ⁵	0,07	(0,007)	0,03	(0,007)	<0,01
Índice aterogênico ⁶	0,65	(0,010)	0,72	(0,009)	<0,01

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

³ Sistema intensivo(n=40) e sistema extensivo (n=40);

⁴ $n-6/n-3 = (C18:2n-6 + C20:4n-6)/(C18:3n-3 + C22:5n-3)$;

⁵ P / S = total de ácidos graxos poli-insaturados/ total de ácidos graxos saturados;

⁶ Índice Aterogênico = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma$ AGS + Σ AGP).

Isso determinou uma relação *n*-6/*n*-3 (P<0,01) expressiva no sistema intensivo (7,05%), comparado ao sistema extensivo (1.35%) (Tabela 14). Em contrapartida, o índice de aterogenicidade foi superior (P<0,05) no sistema

extensivo, comparado ao sistema intensivo. Essas diferenças são decorrentes da maior quantidade de C16:0 presente nas amostras de carne oriundas de animais do sistema extensivo.

Segundo o British Department of Health (1994), a relação ideal entre os ácidos graxos $n-6$ e $n-3$ é menor que 4:1, sendo assim os resultados deste trabalho estão abaixo da relação média encontrada na dieta ocidental, que é de 17:1 (GARÓFOLO; PETRILLI, 2006). Resultados estes que corroboram com essas informações e indicam que a composição de ácidos graxos da carne de bovinos pode ser melhorada para a dieta humana pela inclusão de pastagem na dieta dos animais. Mediante a tais resultados, torna-se evidente que a carne de bovinos criados a pasto, como é o caso da maioria das explorações realizadas no Brasil, apresentam perfil de ácidos graxos e razão $n-6/n-3$ mais adequados para a saúde humana. Noci et al. (2005), avaliando a influência do sistema extensivo, no tecido subcutâneo, observaram uma razão entre $n-6/n-3$ mais baixa (1,65%), nos animais que permaneceram mais tempo em pastagem. Todavia, segundo esses autores, atualmente recomenda-se relação de 1:1 em dietas mais saudáveis. A razão $n-6/n-3$ é mais influenciada pela dieta do que pela influência genética. Animais alimentados com gramíneas ingerem grandes quantidades de C18:3 $n-3$, e introduzem alterações nessa relação (DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004).

A relação entre as concentrações dos ácidos $n-6/n-3$ é de grande importância, devido ao consumo de grandes quantidades de ácidos graxos da série $n-6$, podem inibir a conversão do ácido C18:3 $n-3$ (linolênico) em C20:5 $n-3$ (eicosapentanoico) (LIOU et al., 2007). Sendo assim, uma alta relação $n-6/n-3$, pode favorecer o aumento do conteúdo de ácido araquidônico nos fosfolípidios das membranas celulares, aumentando conseqüentemente, a produção de prostaglandina E2 e leucotrieno B4, por meio das vias enzimáticas da ciclooxigenase e 5-lipoxigenase, respectivamente (GARÓFOLO; PETRILLI, 2006; MACHADO NETO, 2011).

O índice de aterogenicidade foi superior ($P < 0,01$) em animais terminados no sistema extensivo do que no sistema intensivo, devido o sistema extensivo apresentar quantidade superior a do ácido C16:0. Russo e Preziuso (2005), estudando a qualidade da carne de bovinos em sistema de produção orgânica, encontraram índice de aterogenicidade de 0,66 no músculo *longissimus thoracis*, inferiores ao encontrado no presente trabalho na gordura subcutânea com valor de 0,72%, o resultado pode ser explicado devido à gordura subcutânea apresentar quantidades superiores dos ácidos graxos saturados em relação à gordura intramuscular.

3.2.6 Estimativas enzimáticas

Os resultados médios e respectivos erros padrões para estimativas enzimáticas da gordura subcutânea de bovinos terminados no sistema intensivo e sistema extensivo são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 Estimativas da ação enzimática avaliadas na gordura subcutânea do músculo *longissimus thoracis* de bovinos terminados em diferentes sistemas de terminação, com valores expressos com média (EPM¹).

	Sistema de terminação				
	S. intensivo ³		S. extensivo ³		PS ²
Elongase ⁴	77,55	(0,704) ¹	74,60	(0,692) ¹	<0,05
Δ^9 dessaturase ⁵	0,61	(0,021)	0,74	(0,021)	<0,01
Δ^9 dessaturase (14) ⁶	10,71	(0,539)	18,90	(0,530)	<0,01
Δ^9 dessaturase (16) ⁷	6,50	(0,308)	10,63	(0,303)	<0,01
Δ^9 dessaturase (18) ⁸	56,02	(0,782)	63,77	(0,768)	<0,01
Δ^9 dessaturase <i>CLA/trans-11</i> ⁹	0,20	(0,014)	0,27	(0,013)	<0,01
C20:4n-6/C18:2n-6 ¹⁰	0,01	(0,015)	0,10	(0,015)	<0,01
C22:5n-3/C18:3n-3 ¹¹	0,30	(0,210)	0,26	(0,207)	0,91

¹ EPM – erro padrão da média;

² Probabilidades – PS probabilidade para efeito do sistema de terminação;

³ Sistema intensivo (n=40) e sistema extensivo (n=40);

⁴ Elongase = (C18:0 + C18:1 *cis-9*) / (C16:0 + C16:1 *cis-9* + C18:0 + C18:1 *cis-9*);

⁵ Índice geral da atividade Δ^9 dessaturase = (C14:1 *cis-9* + C16:1 *cis-9* + C18:1 *cis-9* + C18:2 *cis-9, trans-11*) / (C14:0 + C16:0 + C18:0 + C18:1 *trans-11*);

⁶ Índice da atividade da dessaturase para C14 = C14:1 *cis-9* / C14:0;

⁷ Índice da atividade da dessaturase para C16 = C16:1 *cis-9* / C16:0;

⁸ Índice da atividade da dessaturase para C18 = C18:1 *cis-9* / C18:0;

⁹ Δ^9 dessaturase *CLA/trans-11* = C18:1 C18:2 *cis-9, trans-11/trans-11*;

¹⁰ Efeito combinado para dessaturação e alongação n-6 = C20:4n-6 / C18:2n-6;

¹¹ Efeito combinado para dessaturação e alongação n-3 C22:5n-3/C18:3n-3.

As estimativas das atividades enzimáticas nas amostras de gordura subcutânea dos animais terminados no sistema extensivo mostraram (P<0,05) resultados altos para as determinações de dessaturase (Δ^9 dessaturase, Δ^9 dessaturase (14), Δ^9 dessaturase (16), Δ^9 dessaturase (18) e Δ^9 dessaturase *CLA*) e para o efeito combinado da alongase e dessaturase (C20:4n-6/C18:2n-6). Por outro lado, nesse sistema foi obtido o menor índice de alongase (Tabela 15).

A gordura subcutânea dos animais terminados no sistema extensivo apresentou efeito combinado para dessaturase e alongase n-6 superiores que os animais terminados no sistema intensivo. Isso demonstrou que o sistema extensivo apresentou uma maior alongação e dessaturação na via metabólica dos ácidos graxos da família n-6.

Sabe-se que o efeito combinado da elongase e dessaturase é um cálculo para avaliar qual sistema teve maior atividade do complexo sistema enzimático de dessaturases e elongases, nesse caso as enzimas Δ^6 e Δ^5 dessaturase. Na classe dos mamíferos tem sido isoladas e identificadas dessaturases capazes de introduzir duplas ligações nas posições Δ^4 , Δ^5 , Δ^6 e Δ^9 (BRENNER, 2003). A Δ^9 dessaturase atua, predominantemente, na síntese de ácidos graxos monoinsaturados, tendo como principal substrato o C18:0, precursor do C18:1 *cis*-9. As enzimas Δ^5 e Δ^6 atuam na dessaturação de ácidos graxos poli-insaturados, apresentando maior afinidade com os substratos mais insaturados, que resulta em maior probabilidade na síntese dos ácidos poli-insaturados da família *n*-3. E a enzima Δ^4 dessaturase atua nos ácidos C22:5*n*-3 e C22:4*n*-6 resultando na produção de DHA e ácido docosapentaenoico (QIU; HONG; MACKENZIE, 2001).

3.3 Interação entre grupos genéticos e sistemas de terminação

Vários autores têm relatado diferenças nos lipídeos e no perfil de ácidos graxos entre as raças (GARCIA et al., 2008; MALAU-ADULI et al., 1998; PURCHAS; ZOU, 2008; ROSSATO et al., 2009), ou a interação entre raça e sistema de alimentação (BARTOÑ et al., 2007; BRESSAN et al., 2011; NUERNBERG et al., 2005).

Os ácidos graxos da gordura de bovinos podem ser afetados pela variação entre animais na deposição de gordura intramuscular (DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004), na expressão da Δ^9 , Δ^6 e Δ^5 dessaturase e elongase (ROSSATO et al., 2009; YANG et al., 1999) e no metabolismo da biohidrogenação (WOOD et al., 2008); variação na composição da gordura e disponibilidade de *n*-6 e *n*-3 na dieta (BOUFAIED et al., 2003; GOFFMAN; BÖHME, 2001), no tamanho das partículas e no tempo de permanência no

rúmen (WOOD et al., 2008) e variação nas condições ambientais as quais são submetidos os animais (DANNENBERGER et al., 2006).

3.3.1 C18:1 *trans*-9, C18:1 *trans*-11 e 18:1 *trans*-12

No sistema intensivo os animais *Nelore* x *Simental*, apresentaram médias superiores dos C18:1 *trans*-9, C18:1 *trans*-11 e C18:1 *trans*-12 em relação aos animais *Nelore* ($P < 0,05$). Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram médias semelhantes entre os grupo genéticos estudados ($P > 0,05$) (Figura 1, 2, 3).

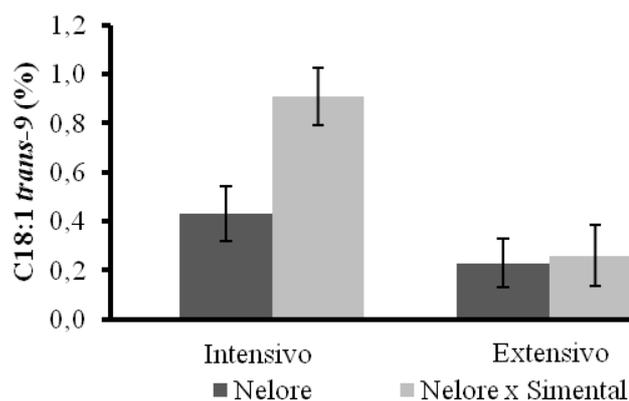


Figura 1 Ácido graxo C18:1 *trans*-9 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,98$

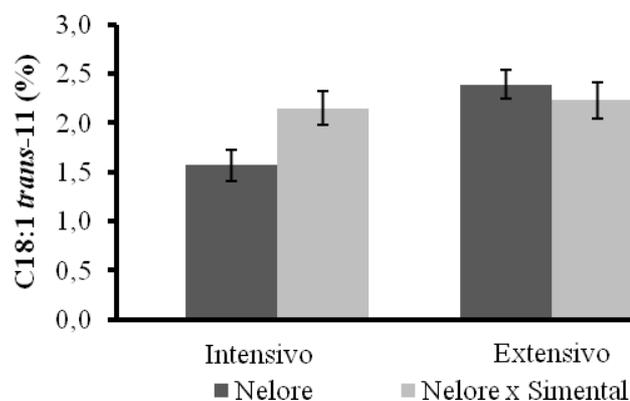


Figura 2 Ácido graxo C18:1 *trans*-11 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,85$

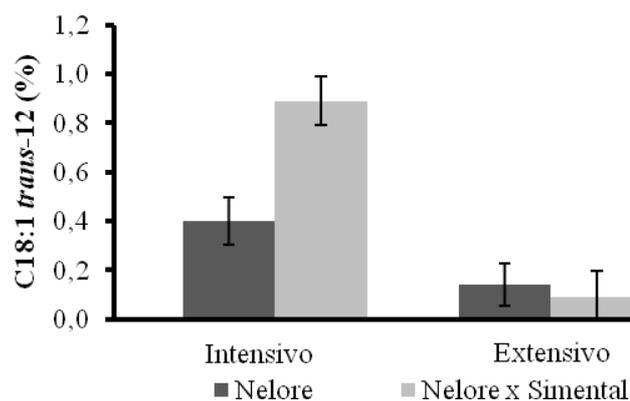


Figura 3 Ácido graxo C18:1 *trans*-12 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,49$

Segundo Judd et al. (2002), o ácido elaídico (C18:1 *trans*-9), é um ácido graxo monoinsaturado *trans*, que pode aumentar o colesterol ruim (*LDL*). Warren et al. (2008), encontraram valores superiores de C18:1 *trans* no lipídeo neutro do que nos fosfolípidos.

O ácido graxo vacênico (C18:1 *trans*-11) é formado pela biohidrogenização de um isômero posicional e geométrico derivado do ácido linoleico, esse ácido é convertido endogenicamente em CLA pela enzima Δ^9 dessaturase (MALAU-ADULI et al., 1997).

O ácido linoleico conjugado (CLA), uma mistura de isômeros geométricos e posicionais do ácido octadecadienoico com duplas ligações conjugadas vem sendo considerado benéfico para a saúde do homem devido às suas propriedades anticarcinogênicas e metabólicas. Em ruminantes, os principais isômeros encontrados são o C18:2 *cis*-9, *trans*-11, envolvido em ação anticarcinogênica, e o isômero C18:2 *trans*-10, *cis*-12, particularmente envolvido na regulação da síntese de gordura no organismo, sendo os únicos a terem atividade biológica reconhecida (DEMIREL; WOOD; ENSER, 2004; MURRIETA; HESS, 2003).

3.3.2 C18:2 n -6

No sistema intensivo os animais *Nelore* x *Simental*, apresentaram médias superiores dos C18:2 n -6 em relação aos animais *Nelore* ($P < 0,05$). Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram médias semelhantes entre os grupos genéticos estudados ($P > 0,05$) (Figura 4).

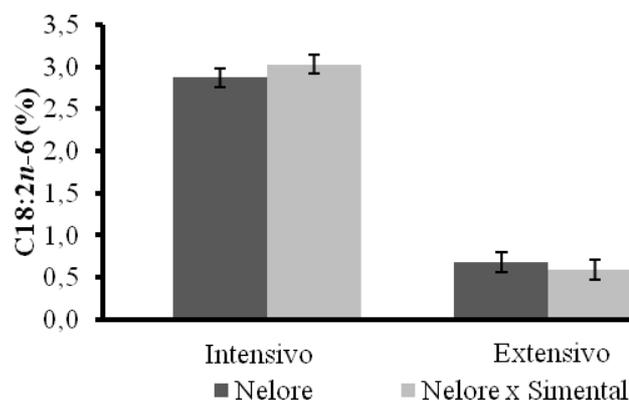


Figura 4 Ácido graxo C18:2*n*-6 (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{\text{sistema intensivo}} < 0,01$ e $P_{\text{sistema extensivo}} = 0,88$

A maior quantidade de C18:2*n*-6 nos animais terminados no intensivo era esperada em decorrência da dieta com grãos ricos em AGP *n*-6 e conseqüentemente maior deposição (SCOLLAN et al., 2001). Outra possível explicação para esse resultado, poderia ser pelo fato de que a maior concentração de ácido graxo insaturado C18:2*n*-6, da dieta contendo 50% de concentrado, contribuiu para a redução do pH ruminal, diminuindo a biohidrogenação, favorecendo a absorção de ácidos graxos insaturados no pós-rúmen. As maiores taxas de passagem de dietas utilizadas em confinamento também podem aumentar o escape de ácido graxo insaturado do rúmen (JENKINS et al., 2008).

3.3.3 $\Sigma CLA + C18:1 \text{ trans-11}$

No sistema intensivo os animais *Nelore x Simental* apresentaram médias superiores do $\Sigma CLA + C18:1 \text{ trans-11}$ em relação aos animais *Nelore* ($P < 0,05$).

Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram médias semelhantes entre os grupos genéticos estudados ($P > 0,05$) (Figura 5).

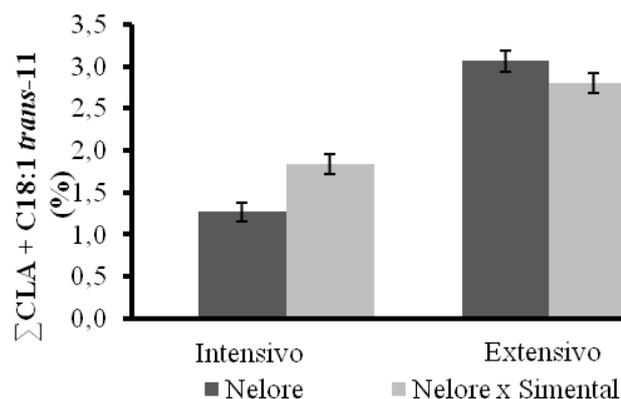


Figura 5 Somatório $\sum CLA + C18:1 trans-11$ (expresso com média e erro padrão) na gordura subcutânea de bovinos obtidos em diferentes sistemas de terminação, $P_{sistema\ intensivo} < 0,01$ e $P_{sistema\ extensivo} = 0,63$

As diferenças observadas entre os sistemas possivelmente sejam os resultados do tipo de dieta associada à disponibilidade de ácidos graxos poli-insaturados e tempo de exposição do alimento a população de microrganismos (ENSER et al., 1998; ROBELIN, 1986).

Contudo, a diferença entre grupos genéticos pode resultar de diferenças na fisiologia no sistema digestivo (rúmen) e enzimáticas relacionadas com a conversão endógena de CLA (BARTON et al., 2007; MENEZES et al., 2007; SALMINEN et al., 1998; SOLIS et al., 1988).

4 CONCLUSÃO

A gordura subcutânea apresenta baixas quantidades dos ácidos graxos considerados benéficos à saúde humana.

Os animais terminados no sistema extensivo apresentaram um perfil lipídico nutricionalmente mais adequado do que o sistema intensivo, por apresentar maior quantidade de ácidos graxos monoinsaturados e *CLA* e melhor relação relação *n-6/n-3*.

Os animais *Nelore* apresentaram perfil de ácidos graxos considerados mais saudáveis do que os animais *Nelore x Simental*, por apresentarem maiores porcentagens do somatório de ácidos graxos monoinsaturados *cis-9*, ácidos graxos poli-insaturados e apresentando menor relação *n-6/n-3* em relação aos animais *Nelore x Simental*, que apresentaram perfil de ácidos graxos mais saturados.

REFERÊNCIAS

- ASCHERIO, A.; WILLET, W. C. Health effects of *trans* fatty acids. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 66, n. 4, p. 1006-1010, 1997.
- BARTON, L. et al. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. **Meat Science**, Barking, v. 76, p. 517-523, 2007.
- BEORLEGUI, C. B. Cambios en el perfil de ácido grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. Importancia del ácido linoleico conjugado: rumiantes. In: CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, 20., 2004, Barcelona. **Anais...** Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2004. p. 79.
- BOHAC, C. E. et al. Assessment of method for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 1642-1645, 1988.
- BOUFAIED, H. et al. Fatty acids in forages: factors affecting concentrations. **Canadian Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 501-511, 2003.
- BOURRE, J. M. et al. The effects of dietary alpha-linolenic acid on the composition of nerve membranes, enzymatic activity, amplitude of electrophysiological parameters, resistance to poisons and performance of learning task in rat. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 119, p. 1880-1892, 1989.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and wild marine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, n. 4, p. 359-369, 2001.
- BRASIL. Gabinete Civil. Decreto-Lei nº 1.255, de 25 de junho de 1962. Altera o Decreto-Lei, nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 25 jun. 1962. p. 98.
- BRENNER, R. R. Hormonal modulation of delta 6 and delta 5 desaturases: case of diabetes. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids**, Edinburgh, v. 68, n. 2, p. 151-62, 2003.

BRESSAN, M. C. et al. Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on either pasture or grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 221-232, 2011.

CHIARA, V. L. et al. Trans fatty acids: cardiovascular diseases and mother-child health. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 341-349, 2002.

COLEMAN, M. E.; RHEE, K.; CROSS, H. R. Sensory properties and chemical composition of beef steaks and roasts cooked with or without subcutaneous fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, p. 257, 1986. Suppl. 1.

DANNENBERGER, D. et al. Carcass-and meat quality of pasture x concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. **Archiv Tierzucht**, Dummerstorf, v.49, p.315-328, 2006.

DEMIREL, G.; WOOD, J. D.; ENSER, M. Conjugated linoleic acid content of the lamb muscle and liver fed different supplements. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 53, n. 1/2, p. 23-28, June 2004.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, Tubingen, v. 53, p. 81-98, 2004.

DESCHAMPS, C. F. et al. Avaliação do perfil de ácidos graxos de cadeia longa na carcaça de novilhos de diferentes graus de sangue Charolês: Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. 1 CD ROM.

DIETSCHY, J. M. Dietary fatty acids and the regulation of plasma low density lipoprotein cholesterol. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.128, p. 444-448, 1998.

DRYDEN, F. D.; MARCHELLO J. A. Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 31, p. 36-41, 1970.

DUCKETT, S. K. et al. Effects of time on feed on beef nutrient composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2079-2088, 1993.

EICHORN, J. M. et al. Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 781, 1986.

ENSER, M. et al. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 49, n. 1, p. 329-341, 1998.

FELDMAN, E. B. The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, n. 5, p. 1062-1101, 2002.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, n. 1, p. 497-509, Jan. 1957.

FREITAS, A. K. **Características da carcaça, da carne e perfil dos ácidos graxos denovilhos Nelore inteiros ou castrados em duas idades**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2849-2855, 2000.

GAMA, L. T. et al. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. **Meat Science**, Barking, v. 93, p. 98-104, 2013.

GARCIA, P. T. et al. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 500-508, 2008.

GARÓFOLO, A.; PETRILLI, A. S. Balanço entre ácidos graxos ômega-3 e 6 na resposta inflamatória em pacientes com câncer e caquexia. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 5, p. 611-621, 2006.

GIDDING, S. S. et al. Dietary recommendations for children and adolescents: A guide for practitioners: Consensus statement from the American Heart Association. **Circulation**, Baltimore, v. 112, n. 13, p. 2061-2075, 2005.

- GOFFMAN, F. D.; BÖHME, T. Relationship between fatty acid profile and vitamin E content in maize hybrids (*Zea mays* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 4990-4994, 2001.
- HOELSCHER, J. et al. Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 718-722, 1988.
- HUERTA-LEIDENZ, N. O. et al. Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 625-630, 1993.
- JENKINS, T. C. et al. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 397-412, 2008.
- JUDD, J. T. et al. Dietary cis and trans monounsaturated and saturated FA and plasma lipids and lipoproteins in men. **Lipids**, Champaign, v. 37, n. 2, p. 123-31, 2002.
- KATAN, M.B. Effect of low-fat diets on plasma high-density lipoprotein concentrations. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 68, p. 573-76, 1998. Suppl.
- KAZALA, E. C. et al. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1717-1725, 1999.
- KELLY, F. D. et al. Short-term diets enriched in stearic or palmitic acids do not alter plasma lipids, platelet aggregation or platelet activation status. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 56, n. 6, p. 490-499, 2002.
- KRAFT, J. et al. Extensive analysis of long-chain polyunsaturated fatty acids, CLA,*trans*-18:1 isomers, and plasmalogenic lipids in different retail beef types. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 12, p. 4775-4782, 2008.
- KRAUSE, B. R.; HARTMAN, A. D. Adipose tissue and cholesterol metabolism. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 25, p. 97-110, 1984.

KUSS, F. et al. Perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular da carne de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento, abatidas com distintos pesos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 815-820, 2007.

LABORDE, F. L. et al. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 355-365, 2001.

LIOU, Y. et al. Decreasing linoleic acid with constant α -linolenic acid in dietary measures data using SAS procedures. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 137, p. 945-952, 2007.

LOPES, L. S. et al. Composição química e de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi* e da gordura subcutânea de tourinhos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 4, p. 978-985, 2012.

MACHADO NETO, O. R. **Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos red norte alimentados com oleaginosas e vitamina E**. 2011. 112 f. Teses (Doutorado em Nutrição e Produção de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 48, p. 15-22, 1997.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. Breed comparison of the fatty acid composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 766-773, 1998.

MARQUES, A. Y. C.; VALENTE, T. B.; ROSA, C. S. Formação de toxinas durante o processamento de alimentos e as possíveis consequências para o organismo humano. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 22, p. 283-293, 2009.

MCAFEE, A. J. et al. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. **Meat Science**, Barking, v. 84, p. 1-13, 2010.

MEDEIROS, S. R. Modulação do perfil lipídico de bovinos: implicações na produção e aceitação da carne. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2003. p. 43-72.

MENEZES, L. F. G. et al. Internal organs and gastrointestinal tract of feedlot finished steers of advanced generations of rotational crossbreeding between Charolais and Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 120-129, 2007.

MENEZES, L. F. G. et al. Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos Charolês e Nelore puros e de gerações avançadas do cruzamento rotativo, terminados em confinamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2478-2484, 2009.

MENSINK, R. P. et al. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 77, n. 5, p.1146-1155, 2003.

MENSINK, R. P.; KATAN, M. B. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. **Arteriosclerosis and thrombosis**, Dallas, v. 12, p. 911-919, 1992.

MENSINK, R. P.; ZOCK, P. L. Lipoprotein metabolism and trans fatty acids. In: SEBEDIO, J. L.; CHRISTIE, W. W. (Ed.). **Trans fatty acids in human nutrition**. Dundee: The Oily, 1998. p. 217-234.

METZ, P. A. M. et al. Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2009.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, London, v. 112, p. 279-289, 2009.

MULVIHILL, B. ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). **British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin**, London, v. 26, p. 295-299, 2001.

MURRIETA, C. M.; HESS, B. W. Comparison of acidic and alkaline catalysts for preparation of fatty acid methyl esters from ovine muscle with emphasis on conjugated linoleic acid. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 1, p. 523-529, Sept. 2003.

NOCI, F. et al. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: influence of the duration of grazing. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 1167-1178, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of beef cattle**. Washington: National Academy, 2000. 242 p.

NTAWUBIZI, M. et al. Effect of sire and sex on the intramuscular fatty acid profile and indices for enzyme activities in pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 122, p. 264-270, 2010.

NUERNBERG, K. et al. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 94, p. 137-147, 2005.

NÜRNBERG, K.; WEGNER, J.; ENDER, K. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 56, p. 145-156, 1998.

PADRE, R. G. et al. Analysis of fatty acids in longissimus muscle of steers of different genetic breeds finished in pasture systems. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 110, p. 57-63, 2007.

PITCHFORD, W. S. et al. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2825-2832, 2002.

PRECHT, D.; MOLKENTIN, J. Effect of feeding on *trans* positional isomers of octadecenoic acid in milk fats. **Milchwissenschaft**, Munchen, v. 52, p. 564-568, 1997.

PURCHAS, R. W.; ZOU, M. Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. **Meat Science**, Barking, v. 80, p. 470-479, 2008.

QIU, X.; HONG, H. P.; MACKENZIE, S. L. Identification of a $\Delta 4$ fatty acid desaturase from *Thraustochytrium* sp. involved in biosynthesis of docosahexaenoic acid by heterologous expression in *Saccharomyces cerevisiae* and *Brassica juncea*. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 276, n. 34, p. 31561-31566, 2001.

RAES, K.; DE SMET, S. A.; DEMEYER, D. Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 253-260, 2001.

RAES, K. et al. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscle Belgian Blue young bulls. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 307-315, 2004.

ROBELIN, J. Growth of adipose tissues in cattle, partitioning between depots, chemical composition and cellularity. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 349-364, 1986.

RODRIGUES, V. C. et al. Ácidos graxos na carne de búfalos e bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 434-443, 2004.

ROSSATO, L. V. et al. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 9, p. 1841-1846, 2009.

RULE, D. C.; SMITH, S. B.; ROMANS, J. R. Fatty acids composition of muscle and adipose tissue of meat animals. In: SMITH, S. B.; SMITH, D. R. (Ed.). **The biology of fat in meat animals**. Champaign: American Society of Animal Science, 1995. p. 144-165.

RULE, D. C. et al. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk e chicken. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1202-1211, 2002.

RUSSO, C.; PREZIUSO, G. Carcass and meat quality of organic beef: a brief review. **Animal Breeding Abstracts**, Sunnyvale, v. 73, n. 6, p. 11-14, 2005.

SALMINEN, I. et al. Dietary *trans* fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. **Journal of Nutrition Biochemistry**, Lexington, v. 9, p. 93-98, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS 9.1.2 for Microsoft Windows**. Heidelberg: SAS International, 2004.

SCOLLAN, N. D. et al. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal Nutrition**, London, v. 85, p. 115-124, 2001.

SCOLLAN, N. et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 74, p. 17-33, 2006.

SOLIS, J. C. et al. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 764-773, 1988.

SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. **Colesterol da mesa ao corpo**. São Paulo: Varela, 2006. p. 85.

ST. JOHN, L. C.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 1064, 1991.

STROMER, M. H.; GOLL, D. E.; ROBERTS, J. H. Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 25, p. 1145-1152, 1966.

STURDIVANT, C. A. et al. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and M. longissimus dorsi of Wagyu cattle. **Meat Science**, Barking, v. 32, p. 449-458, 1992.

TANIGUCHI, M. et al. Differences in stearoyl-CoA desaturase mRNA levels between Japanese Black and Holstein cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 87, p. 215-220, 2004.

TAPIERO, H. et al. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, p. 215-222, 2002.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, p. 985-992, 1991.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R.
Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos: CQBAL 2.0.
Viçosa: UF, 2002. 297 p.

VARELA, A. et al. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of the Rubia Gallega breed. **Meat Science**, Barking, v. 67, p. 515-522, 2004.

WARREN, H. E. et al. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages: meat stability and flavour. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 270-278, 2008.

WHEELER, T. L. et al. Cholesterol concentration of longissimus muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, p. 1531-1537, 1987.

WILLET, W. C. et al. Intake of *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease among human. **Lancet**, London, v. 341, p. 581-585, 1993.

WOOD, J. D.; ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of anti-oxidants in improving meat quality. **British Journal of Nutrition**, London, v. 78, p. 49-60, 1997. Suppl.

WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 343-358, 2008.

YANG, A. et al. A comparison of fat composition of Japanese and long-term grain-fed Australian steers. **Meat Science**, Barking, v. 51, p. 1-9, 1999.

YOSHIMURA, T.; NAMIKAWA, K. Influence of breed, sex and anatomical location on lipid and fatty acid composition of bovine subcutaneous fat. **Japanese Journal of Zootechnical Science**, Tsukuba, v. 54, p. 97, 1983.